



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALI LAMONG DI  
KABUPATEN GRESIK**

DIAN ARIEF PRAMUDYA PRATOMO  
NRP. 3115105003

Dosen Pembimbing I  
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALI LAMONG DI  
KABUPATEN GRESIK**

DIAN ARIEF PRAMUDYA PRATOMO  
NRP. 3115105003

Dosen Pembimbing I  
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC 14-1501

**FLOOD CONTROL ANALYSIS OF LAMONG RIVER  
ON GRESIK REGENCY**

DIAN ARIEF PRAMUDYA PRATOMO  
NRP. 3115105003

Supervisor I  
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Supervisor II  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Civil Engineering and Planning Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALI LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

#### TUGAS AKHIR

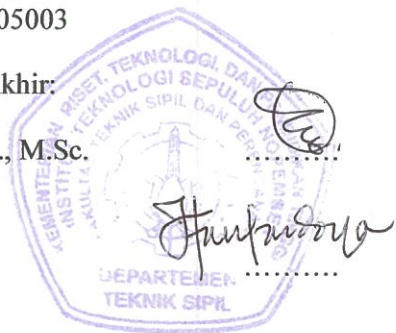
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Dian Arief Pramudya Pratomo**  
NRP. 3115105003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.
2. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.



**SURABAYA**  
**JULI, 2017**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALI LAMONG DI KABUPATEN GRESIK**

**Nama Mahasiswa : Dian Arief Pramudya Pratomo**

**NRP : 3115105003**

**Jurusan : Teknik Sipil**

**Dosen Pembimbing: 1. Dr.techn.Umboro Lasminto, ST.,M.Sc.**

**2. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc**

### **Abstrak**

*Kali Lamong merupakan sungai yang dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. DAS Kali Lamong terdiri atas Kabupaten Lamongan, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Gresik dan Kota Surabaya. Pada musim hujan tiap tahun terjadi luapan di Kali Lamong, akibatnya aktivitas masyarakat di daerah sekitarnya terganggu. Sejumlah upaya dilakukan pemerintah untuk mengurangi banjir, namun banjir tetap terjadi. Padahal sebagai salah satu daerah industri penting di Jawa Timur seharusnya Kabupaten Gresik aman dari ancaman banjir.*

*Dalam tugas akhir ini debit banjir rencana didapat dari hasil analisis hidrologi terhadap data curah hujan harian. Dalam analisis tersebut, periode ulang debit banjir rencana adalah 25 tahunan. Selanjutnya kapasitas Kali Lamong dihitung dengan HEC-RAS. Dengan membandingkan kapasitas Kali Lamong dan debit banjir rencana, titik banjir di Kali Lamong dapat diketahui. Untuk mengatasi hal tersebut direncanakan sejumlah alternatif pengendalian banjir. Alternatif pertama adalah normalisasi dengan lebar dasar sungai 20 – 70 meter. Alternatif kedua, menggunakan normalisasi dengan lebar dasar sungai 20 – 40 meter dan pengerukan yang didasarkan dengan kemiringan dasar sungai rencana yang telah direncanakan. Alternatif ketiga memiliki kriteria seperti alternatif kedua dengan penambahan tanggul dengan tinggi maksimal 3 meter. Keempat, didesain serupa dengan alternatif ketiga namun tidak ada batasan untuk tinggi maksimum tanggul. Lalu keempat alternatif tersebut*

*dianalisis untuk mengetahui kemampuan Kali Lamong mengalirkan debit banjir rencana.*

*Berdasarkan hasil analisis dari keempat alternatif, dapat disimpulkan bahwa alternatif keempat adalah yang terbaik. Hal tersebut karena banjir tidak terjadi lagi di Kali Lamong setelah alternatif keempat digunakan. Pada alternatif keempat, di KM 4,6 direncanakan penambahan tanggul setinggi 5 meter terhadap elevasi tepi sungai eksisting atau 6,76 meter dari dasar sungai. Dengan demikian elevasi puncak tanggul berada pada +3,04. Selain peninggian tanggul, normalisasi didesain selebar 20 meter pada KM 38 – KM 22,9; 25 meter pada KM 22,8 – KM 18,8; 30 meter pada KM 18,7 – KM 10,2; 35 meter pada KM 10,1 – KM 1,9; dan 40 meter pada KM 1,8 – KM 0.*

***Kata Kunci: Pengendalian Banjir, Kali Lamong, Tanggul, Normalisasi***

# **FLOOD CONTROL ANALYSIS OF LAMONG RIVER ON GRESIK REGENCY**

**Student's Name** : Dian Arief Pramudya Pratomo  
**NRP** : 3115105003  
**Department** : Teknik Sipil  
**Supervisor** : 1. Dr.techn.Umboro Lasminto, ST.,M.Sc.  
2. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## **Abstract**

*Lamong river is a river that managed by Bengawan Solo River Management Board. The Lamong river watershed consists of Lamongan Regency, Mojokerto Regency, Gresik Regency and Surabaya City are part of Lamong river watershed. The activity of people around Lamong river is always disrupted because of annual flood. The government spent lots of effort to reduce the flood, but the flood is still happening. On the other hand, as one of important industrial areas in East Java, Gresik Regency should be floodfree.*

*In this final project, the planned flood discharge is known by hydrologic analysis of daily rainfall data. In this analysis, the cycle period of planned flood discharge is 25 years. Then, the capacity of Lamong River is calculated using HEC-RAS. By comparing the capacity of Lamong River and the planned flood discharge, flooding spot of Lamong River could be known. To solve the problem, several alternatives are designed. The first alternative is using normalization on the river with the riverbed of 20 – 70 meters width. The second alternative is using normalization by 20 – 40 meters width and dredging that designed based on the planned slope of riverbed. The third alternative has similar criteria to the second alternative with addition of embankment which maximum height is 3 meters. The fourth is designed like the third alternative, but there is no limitation for the maximum height of embankment. Then those four alternatives would be analyzed to know the capacity of Lamong river when the planned flood discharge is flowing.*



*Based on analysis result of those four alternatives, it can be concluded that the fourth alternative is the best. It is so because the flood does not occurred anymore in the Lamong River after the fourth alternative applied. In the fourth alternative at KM 4,6 was designed an addition of embankment's height is 5 meters off the riverbank existing elevation or 6,76 meters from the riverbed elevation. So, the peak elevation of the embankment is +3,04 meter. Beside of increasing embankment's height, normalization is designed by 20 meters width on KM 38 – KM 22,9; 25 meters on KM 22,8 – KM 18,8; 30 meters on KM 18,7 – KM 10,2; 35 meters on KM 10,1 – KM 1,9; and 40 meters on KM 1,8 – KM 0.*

***Keywords: Flood Management, Lamong River, Embankments , Normalization***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat, kasih dan penyertaan-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Studi Pengendalian Banjir Kali Lamong di Kabupaten Gresik” ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik (ST) pada Program Studi S-I Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta seluruh anggota keluarga yang senantiasa mendukung penulis dengan bantuan finansial, semangat, dan doa.
2. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc dan Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing penulis menyusun Tugas Akhir ini.
3. Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo, Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur, Dinas PU Kabupaten Gresik, serta pihak lainnya yang telah membantu dalam pemenuhan kebutuhan data dalam Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP ITS angkatan tahun 2015, sahabat sebidang hidro diantaranya Diega Hananda Z dan Eric Thomas M, serta Rachmatika Nurita yang selalu berjuang bersama penulis menuntaskan Tugas Akhirnya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan di masa depan. Kritik dan saran dapat disampaikan lewat kontak email yang

dicantumkan dalam biodata penulis. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat diaplikasikan demi kebaikan hidup masyarakat khususnya di Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| Abstrak.....  | i   |
| Abstract.....   | iii |
| KATA PENGANTAR.....                                       | v   |
| DAFTAR ISI .....  | vii |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xi  |
| DAFTAR TABEL .....  | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                     | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                   | 1   |
| 1.1    Latar Belakang Masalah .....                       | 1   |
| 1.2    Rumusan Permasalahan.....                          | 3   |
| 1.3    Batasan Masalah.....                               | 3   |
| 1.4    Tujuan.....  | 3   |
| 1.5    Manfaat.....                                       | 4   |
| 1.6    Lokasi Penelitian .....                            | 4   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                             | 5   |
| 2.1    Hasil Penelitian Terdahulu .....                   | 5   |
| 2.2    Analisis Data Curah Hujan.....                     | 6   |
| 2.3    Analisis Statistik terhadap Data Curah Hujan ..... | 7   |
| 2.3.1    Deviasi standar.....                             | 7   |
| 2.3.2    Kemencengan.....                                 | 8   |
| 2.3.3    Kurtosis.....                                    | 8   |
| 2.3.4    Koefisien variasi.....                           | 9   |

|                          |   |    |
|--------------------------|---|----|
| 2.3.5                    | Distribusi log pearson tipe III.....            | 9  |
| 2.3.6                    | Uji kecocokan distribusi.....                   | 11 |
| 2.4                      | Analisis Curah Hujan Rencana.....               | 15 |
| 2.3.1                    | Periode ulang.....                              | 15 |
| 2.3.2                    | Intensitas hujan.....                           | 16 |
| 2.3.3                    | Hidrograf satuan sintetis Nakayasu.....         | 16 |
| 2.5                      | Analisis Kondisi Hidraulis Sungai .....         | 18 |
| 2.5.1                    | HEC-RAS.....                                    | 18 |
| 2.5.2                    | Banjir.....                                     | 18 |
| 2.6                      | Metode Pengendalian Banjir .....                | 19 |
| 2.6.1                    | Tanggul penahan banjir.....                     | 21 |
| 2.6.1                    | Normalisasi penampang sungai.....               | 22 |
| BAB III METODOLOGI ..... |   | 25 |
| 3.1                      | Tahap Persiapan.....                            | 25 |
| 3.1.1                    | Studi literatur.....                            | 25 |
| 3.1.2                    | Survei lapangan.....                            | 25 |
| 3.1.3                    | Perumusan masalah.....                          | 26 |
| 3.1.4                    | Pengumpulan data.....                           | 26 |
| 3.2                      | Tahap Analisis .....                            | 26 |
| 3.2.1                    | Analisis hidrologi.....                         | 26 |
| 3.2.2                    | Debit banjir rencana.....                       | 27 |
| 3.2.3                    | Analisis hidrolika.....                         | 27 |
| 3.2.4                    | Perencanaan alternatif pengendalian banjir..... | 28 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3 Hasil dan Kesimpulan.....                          | 29        |
| 3.4 Diagram Alir.....                                  | 29        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                | <b>31</b> |
| 4.1 Survei Lapangan.....                               | 31        |
| 4.2 Pengumpulan Data.....                              | 34        |
| 4.3 Analisis Data Curah Hujan.....                     | 35        |
| 4.4 Analisis Statistik terhadap Data Curah Hujan ..... | 36        |
| 4.4.1 Deviasi standar.....                             | 37        |
| 4.4.2 Kemencengan.....                                 | 37        |
| 4.4.3 Kurtosis.....                                    | 38        |
| 4.4.4 Koefisien variasi.....                           | 38        |
| 4.4.5 Distribusi log Pearson tipe III.....             | 38        |
| 4.4.6 Uji kecocokan distribusi.....                    | 41        |
| 4.5 Analisis Curah Hujan Rencana.....                  | 44        |
| 4.5.1 Periode ulang.....                               | 44        |
| 4.5.2 Intensitas hujan.....                            | 45        |
| 4.5.3 Hidrograf satuan sintetis Nakayasu.....          | 46        |
| 4.6 Analisis Hidraulis Sungai .....                    | 54        |
| 4.7 Perencanaan Analisis Pengendalian Banjir .....     | 58        |
| 4.7.1 Alternatif 1.....                                | 58        |
| 4.7.2 Alternatif 2.....                                | 59        |
| 4.7.3 Alternatif 3.....                                | 60        |
| 4.7.4 Alternatif 4.....                                | 61        |

|  |    |
|--|----|
| 4.8 Hasil Analisis Pengendalian Banjir ..... | 62 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....             | 69 |
| 5.1 Kesimpulan.....                          | 69 |
| 5.2 Saran.....                               | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                          | 71 |
| BIODATA PENULIS.....                         | 73 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1. 1 Peta Lokasi Genangan Banjir Kali Lamong .....   | 2  |
| Gambar 1. 2 Kali Lamong KM 0 - KM 38.....   | 4  |
| Gambar 2. 1 Gambar Poligon Thiessen.....  | 7  |
| Gambar 2. 2 Metode Pengendalian Banjir.....   | 20 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir.....   | 30 |
| Gambar 4. 1 Titik Lokasi Survei Kali Lamong .....   | 31 |
| Gambar 4. 2 Tinggi Muka Air dalam Kondisi Pasang Maksimum<br>di Titik A .....                           | 32 |
| Gambar 4. 3 Kondisi Bendung Karet Kali Lamong I yang rusak di<br>Titik B.....                           | 32 |
| Gambar 4. 4 Alur Kali Lamong di Titik B .....   | 33 |
| Gambar 4. 5 Kondisi Kali Lamong pada titik C.....   | 33 |
| Gambar 4. 6 Kondisi Kali Lamong pada titik D.....   | 34 |
| Gambar 4. 7 Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Kali Lamong<br>.....                                    | 35 |
| Gambar 4. 8 Pembagian Sub-DAS Kali Lamong.....  | 47 |
| Gambar 4. 9 Kurva HSS Nakayasu tiap sub-DAS .....   | 54 |
| Gambar 4. 10 Titik Inflow Debit Banjir dari Sub-DAS ke Kali<br>Lamong.....                              | 56 |
| Gambar 4. 11 Profil Memanjang Kali Lamong dengan Simulasi<br>Debit Berperiode Ulang 25Tahun.....        | 57 |
| Gambar 4. 12 Hasil Simulasi $Q_{25}$ menggunakan HEC-RAS 4.1<br>Terhadap Profil Kali Lamong KM 35 ..... | 57 |
| Gambar 4. 13Contoh normalisasi penampang sungai di KM 35<br>pada alternatif 1 .....                     | 58 |
| Gambar 4. 16 Ilustrasi Bentuk Tanggul Penahan Banjir .....  | 61 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Nilai k untuk Distribusi Log Pearson Tipe III.....   | 11 |
| Tabel 2. 2 Tabel Nilai Derajat Kepercayaan .....  | 13 |
| Tabel 2. 3 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....  | 14 |
| Tabel 2. 4 Periode Ulang berdasarkan Tipologi Kota .....  | 15 |
| Tabel 2. 5 Hubungan antara debit Banjir Rencana dengan Tinggi<br>Jagaan Tanggul.....  | 21 |
| Tabel 2. 6 Hubungan antara debit Banjir Rencana dengan Lebar<br>Mercu Tanggul .....   | 22 |
| Tabel 4. 1 Daftar Data Sekunder yang Digunakan .....  | 34 |
| Tabel 4. 2 Hasil Hitungan Curah Hujan Rata-rata Wilayah .....   | 36 |
| Tabel 4. 3 Data Curah Hujan Wilayah untuk Analisis Statistik ..   | 36 |
| Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Awal Log Pearson Tipe III .....  | 38 |
| Tabel 4. 5 Nilai Karakteristik Distribusi Log Pearson Tipe III ...  | 40 |
| Tabel 4. 6 Hasil Interpolasi Nilai $G = -0,377$ .....   | 40 |
| Tabel 4. 7 Hasil Hitungan Curah Hujan Rencana .....   | 40 |
| Tabel 4. 8 Hasil Hitungan Chi Kuadrat .....   | 43 |
| Tabel 4. 9 Hasil Hitungan Uji Smirnov-Kolmogorov .....  | 43 |
| Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan tiap Jam.....  | 46 |
| Tabel 4. 11 Luas Sub-DAS dan Panjang Sungai pada Sub-DAS<br>Tersebut .....  | 47 |
| Tabel 4. 12 Perhitungan Unit Hidrograf saat Kurva Naik .....  | 49 |
| Tabel 4. 13 Perhitungan Unit Hidrograf Kurva Turun dengan<br>Interval Waktu $0 \text{ jam} < t < 18,09 \text{ jam}$ .....     | 50 |
| Tabel 4. 14 Perhitungan Unit Hidrograf Kurva Turun dengan<br>Interval Waktu $18,09 \text{ jam} < t < 36,58 \text{ jam}$ ..... | 50 |
| Tabel 4. 15 Perhitungan Unit Hidrograf Kurva Turun dengan<br>Interval Waktu $t > 36,58 \text{ jam}$ .....                     | 51 |
| Tabel 4. 16 HSS Nakayasu Area Hulu KM 38 Periode Ulang 25<br>Tahun.....   | 53 |

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4. 17 Cuplikan Nilai Manning dari <i>Reference Manual</i> HEC-RAS ..... | 55 |
| Tabel 4. 18 Kemiringan Dasar Sungai Rencana.....                              | 59 |
| Tabel 4. 19 Lebar Dasar Sungai Rencana.....                                   | 59 |
| Tabel 4. 20 Perbandingan Kondisi Tiap Alternatif terhadap Kali Lamong.....    | 63 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1 Gambar Poligon Thiessen Kali Lamong .....                           | 75 |
| Lampiran 2 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS Hulu KM<br>38.....              | 77 |
| Lampiran 3 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS A.....                          | 78 |
| Lampiran 4 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS B .....                         | 79 |
| Lampiran 5 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS C .....                         | 80 |
| Lampiran 6 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS D.....                          | 81 |
| Lampiran 7 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS E .....                         | 82 |
| Lampiran 8 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS F .....                         | 83 |
| Lampiran 9 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS G.....                          | 84 |
| Lampiran 10 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS H.....                         | 85 |
| Lampiran 11 Dasar Sungai Rencana terhadap Kondisi Eksisting                    | 87 |
| Lampiran 12 Gambar Potongan Melintang Alternatif 1 KM 4,6<br>Kali Lamong.....  | 88 |
| Lampiran 13 Gambar Potongan Melintang Alternatif 1 KM 7,4<br>Kali Lamong.....  | 89 |
| Lampiran 14 Gambar Potongan Melintang Alternatif 1 KM 22<br>Kali Lamong.....   | 90 |
| Lampiran 15 Gambar Potongan Melintang Alternatif 1 KM 35,8<br>Kali Lamong..... | 91 |
| Lampiran 16 Gambar Potongan Melintang Alternatif 2 KM 4,6<br>Kali Lamong.....  | 92 |
| Lampiran 17 Gambar Potongan Melintang Alternatif 2 KM 7,4<br>Kali Lamong.....  | 93 |
| Lampiran 18 Gambar Potongan Melintang Alternatif 2 KM 22<br>Kali Lamong.....   | 94 |
| Lampiran 19 Gambar Potongan Melintang Alternatif 2 KM 35,8<br>Kali Lamong..... | 95 |

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 20 Gambar Potongan Melintang Alternatif 3 KM 4,6  |     |
| Kali Lamong.....   | 96  |
| Lampiran 21 Gambar Potongan Melintang Alternatif 3 KM 7,4  |     |
| Kali Lamong.....   | 97  |
| Lampiran 22 Gambar Potongan Melintang Alternatif 3 KM 22   |     |
| Kali Lamong.....   | 98  |
| Lampiran 23 Gambar Potongan Melintang Alternatif 3 KM 35,8 |     |
| Kali Lamong.....   | 99  |
| Lampiran 24 Gambar Potongan Melintang Alternatif 4 KM 4,6  |     |
| Kali Lamong.....   | 100 |
| Lampiran 25 Gambar Potongan Melintang Alternatif 4 KM 7,4  |     |
| Kali Lamong.....   | 101 |

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB I**

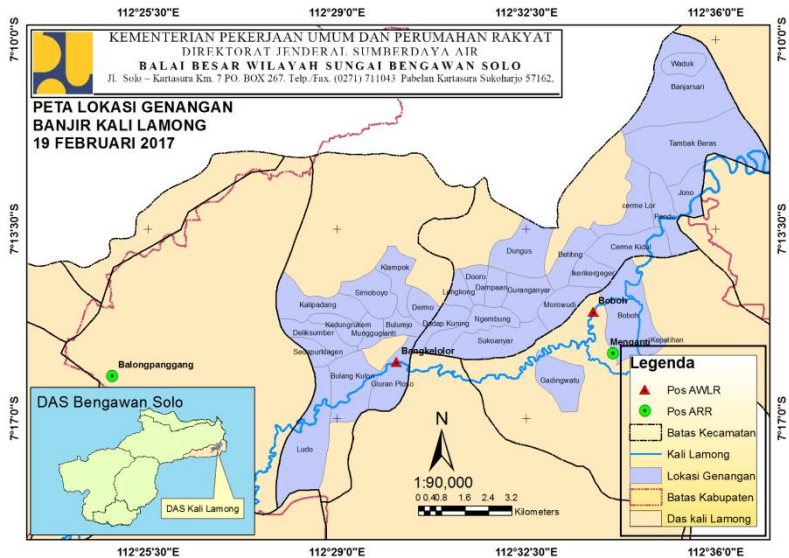
### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Kali Lamong memiliki luas DAS  $\pm 720 \text{ km}^2$  dengan panjang alur sungai  $\pm 103 \text{ km}$ . Secara administrasi DAS Kali Lamong berada dalam wilayah kerja BBWS Bengawan Solo. DAS Kali Lamong mencakup sejumlah daerah diantaranya Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Mojokerto di daerah hulu serta Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik di daerah hilir. Dari sejumlah daerah tersebut, seluas  $310,12 \text{ km}^2$  atau 44% dari DAS Kali Lamong berada di Kabupaten Gresik. Berdasarkan pengamatan, diketahui jika bagian hilir DAS Kali Lamong merupakan daerah yang relatif datar dengan area perkotaan, desa, areal sawah tadah hujan dan tambak. Selain itu, dengan kondisi hilir yang relatif datar turut memengaruhi bentuk sungai menjadi *meander* atau berkelok-kelok. Pada bagian hilir, Kali Lamong mendapat tambahan *inflow* dari *outlet* drainase kota dan tambak di sekitarnya. (Karya, 2012)

Berdasarkan artikel berjudul "Spekulan Kuasai Bantaran Kali Lamong" terbitan Jawa Pos, 11 Februari 2015, diketahui jika ketika musim penghujan daerah Gresik sering terjadi banjir yang menggenangi sejumlah kecamatan diantaranya Balongpanggang, Benjeng, Menganti, Cerme, dan Kebomas. Dari sejumlah kecamatan yang tergenang akibat banjir Kali Lamong, Kecamatan Benjeng merupakan daerah yang paling parah terkena dampak luapan banjir. Kerugian yang dialami masyarakat diantaranya adalah 12.229 rumah, 2.558 Ha sawah, 645 Ha tambak terendam banjir, selain itu banjir ini juga turut merenggut 3 korban jiwa. Tak hanya sekali, tiap tahun saat musim hujan terjadi luapan banjir dari Kali Lamong, akibatnya aktivitas masyarakat di daerah sekitarnya terganggu. Sejumlah upaya penanggulangan banjir yang dilakukan pemerintah daerah seperti pembuatan tanggul dinilai belum menampakkan hasil. Adapun wilayah yang

terdampak luapan banjir Kali Lamong dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Genangan Banjir Kali Lamong  
(sumber: BBWS Bengawan Solo)

Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan analisis terhadap kemampuan Kali Lamong dalam mengalirkan debit banjir. Selanjutnya, solusi pengendalian banjir perlu direncanakan dengan baik sehingga masalah banjir yang terjadi selama ini dapat diatasi. Selain itu, hal tersebut dapat menambah alternatif solusi dalam hal pengendalian banjir Kali Lamong. Dengan demikian solusi yang ada akan lebih beragam dan instansi terkait dapat memilih solusi pengendalian banjir yang realistis untuk dilaksanakan dan pada akhirnya Kabupaten Gresik yang dikenal sebagai salah satu kawasan industri di Jawa Timur bebas dari banjir.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang Tugas Akhir ini, dapat ditetapkan rumusan masalah adalah:

1. Berapa besar pengaruh curah hujan terhadap debit banjir di Kali Lamong?
2. Bagaimana kondisi Kali Lamong dalam mengalirkan debit banjir rencana setelah solusi pengendalian banjir diterapkan?
3. Apakah solusi pengendalian banjir yang cocok untuk menanggulangi banjir Kali Lamong?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari tugas akhir ini diantaranya:

1. Banjir yang ditinjau dalam tugas akhir ini adalah banjir Kali Lamong yang terjadi di KM 0 di muara sampai KM 38 di hulu.
2. Pengaruh air kotor dari limbah rumah tangga terhadap banjir di Kali Lamong tidak diperhitungkan.
3. Tugas akhir ini tidak membahas aspek sosial dan budaya dalam pelaksanaan pengendalian banjir Kali Lamong.
4. Tugas akhir ini tidak membahas perhitungan sedimentasi Kali Lamong.
5. Perhitungan kestabilan tanah di sekitar Kali Lamong tidak ditinjau dalam tugas akhir ini.
6. Rancangan anggaran biaya terhadap pelaksanaan normalisasi Kali Lamong tidak dibahas dalam tugas akhir ini.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini diantaranya:

1. Menganalisis pengaruh curah hujan terhadap debit banjir di Kali Lamong.
2. Menganalisis kondisi Kali Lamong dalam mengalirkan debit banjir rencana setelah solusi pengendalian banjir diterapkan.



3. Menentukan solusi alternatif pengendalian banjir yang cocok untuk menanggulangi banjir Kali Lamong.

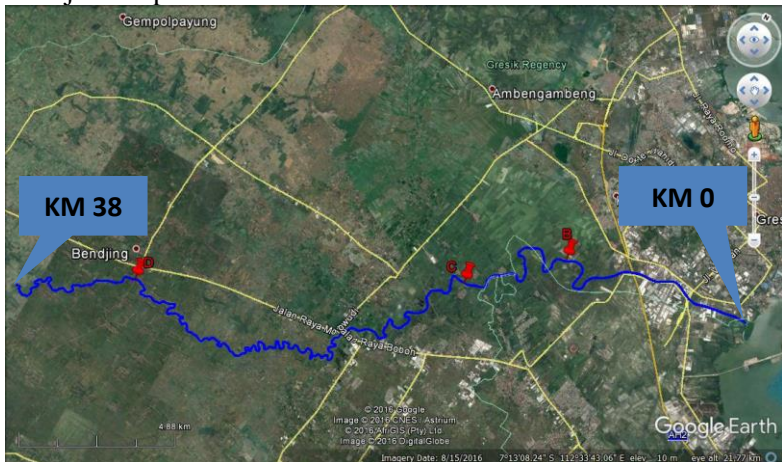
### 1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir terapan ini adalah:

1. Menambah pengetahuan dalam topik yang diteliti baik secara teoritis maupun aplikatif bagi penulis.
2. Sebagai referensi bagi penulis lain yang tertarik untuk meneliti topik serupa.
3. Sebagai masukan untuk instansi terkait yang bertanggung jawab untuk pengentasan masalah banjir di Kali Lamong.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi dilakukannya penelitian tugas akhir ini berada di Kali Lamong, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Adapun KM 0 – KM 38 yang dijadikan fokus utama untuk pengendalian banjir ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 2 Kali Lamong KM 0 - KM 38  
(Sumber: Google Earth)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dipaparkan teori dari berbagai sumber yang bertujuan untuk memperkuat pembahasan maupun sebagai dasar pertimbangan dalam menggunakan rumus tertentu untuk perencanaan pengendalian banjir di Kali Lamong.

#### **2.1 Hasil Penelitian Terdahulu**

Berdasarkan studi tentang penanggulangan banjir di Kali Lamong diketahui jika banjir yang terjadi disebabkan oleh debit banjir yang besar dari hulu dan tidak disertai upaya pengendalian. Kondisi tersebut bertambah parah dengan hasil analisis hidraulika yang menunjukkan bahwa kapasitas Kali Lamong dalam kondisi eksisting tidak mencukupi untuk mengalirkan debit banjir rencana. Selanjutnya, dengan menggunakan waduk sebagai sarana pengendali banjir, diketahui penurunan debit yang masuk ke hilir Kali Lamong dari  $Q_{25} = 460,282 \text{ m}^3/\text{detik}$  menjadi  $Q_{25} = 223,9 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Namun demikian, banjir masih terjadi di DAS Kali Lamong sehingga diperlukan upaya tambahan pengendalian banjir. Dalam hal ini, disarankan perbaikan penampang sungai dan peninggian tanggul di Kali Lamong untuk mengatasi banjir yang terjadi. (Dewandaru & Lasminto, 2014)

Selain menggunakan waduk, normalisasi alur Kali Lamong juga dianalisis. Berdasarkan hasil analisis, diketahui rata-rata lebar dasar saluran pada titik KM 38 – KM 32,5 yang berada di Benjeng adalah 20 meter dan tinggi saluran sekitar 6,67 meter. Selanjutnya, pada titik KM 32 – KM 14 di Cerme sebesar 45-85 meter dengan tinggi saluran rata-rata 6,85 meter. Adapun berdasarkan hasil analisis diketahui tinggi tanggul Kali Lamong yang dibutuhkan adalah setinggi 2,37-8,8 meter. Namun, dengan pertimbangan dimensi tanggul yang realistis untuk dibangun dan resiko yang muncul jika terjadi kerusakan terhadap tanggul maka direncanakan tinggi tanggul maksimal setinggi 3 meter. Dengan kombinasi tersebut, diperoleh penurunan debit banjir Kali

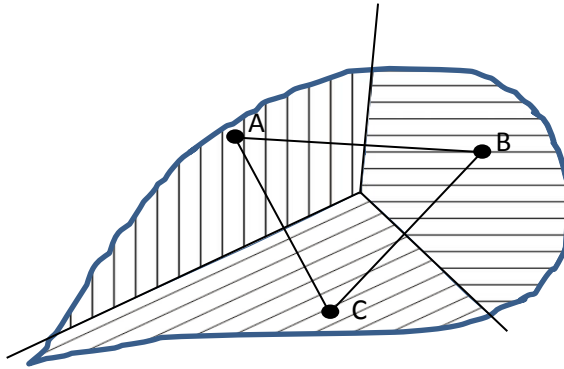
Lamong yaitu dari  $Q_{25} = 458,96 \text{ m}^3/\text{detik}$  menjadi  $Q_{25} = 7,87 \text{ m}^3/\text{detik}$  di daerah Benjeng dan dari  $Q_{25} = 1421,53 \text{ m}^3/\text{detik}$  menjadi  $Q_{25} = 318,79 \text{ m}^3/\text{detik}$  untuk daerah Cerme. Berdasarkan hal tersebut, diketahui banjir masih terjadi di sejumlah titik sehingga diperlukan upaya pengendalian banjir tambahan untuk mengatasi banjir di Kali Lamong. (Pratomo & Nadzmi, 2015)

## 2.2 Analisis Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dimiliki dapat dianalisis menggunakan metode poligon thiessen. Metode poligon thiessen merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan curah hujan wilayah. Poligon thiessen menggunakan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengatasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh ditentukan lewat gambar poligon yang menghubungkan beberapa stasiun hujan yang berdekatan. Dengan demikian, dapat diasumsikan variasi hujan antar stasiun hujan adalah linier dan stasiun hujan tertentu dapat mewakili kawasan hujan disekitarnya. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas area  $500 - 5000 \text{ km}^2$  dan jumlah stasiun hujan yang tak sebanding dengan luas areanya. (Suripin, 2004)

Prosedur menentukan area pengaruh stasiun hujan menggunakan poligon thiessen adalah sebagai berikut:

1. Plot lokasi stasiun hujan pada peta DAS lalu buat garis penghubung antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya.
2. Tarik garis tegak lurus pada tiap garis penghubung stasiun hujan sehingga garis tersebut saling berpotongan terhadap garis tegak lurus yang lainnya.
3. Area pengaruh stasiun hujan yang bersangkutan adalah polygon yang terbentuk dari titik perpotongan, titik tegak lurus hingga garis batas DAS.
4. Luas total DAS dan area pengaruh stasiun hujan dapat dihitung dengan bantuan kertas millimeter block atau bisa juga menggunakan program bantu AutoCAD.



Gambar 2. 1 Gambar Poligon Thiessen

Setelah poligon thiessen terbentuk dan luas pengaruh stasiun hujan serta luas DAS diketahui, maka curah hujan rata-rata metode poligon thiessen dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{R} = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + \dots + R_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

$\bar{R}$  = curah hujan rata-rata wilayah (mm)

$A_i$  = luas wilayah pengaruh stasiun ke – i (km<sup>2</sup>)

$R_i$  = curah hujan rata-rata stasiun ke – I (mm)

## 2.3 Analisis Statistik terhadap Data Curah Hujan

### 2.3.1 Deviasi standar

Umumnya standar deviasi untuk sejumlah sampel data dihitung dengan rumus seperti berikut (Soewarno, 1995):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

S = deviasi standar

$X_i$  = nilai variat

$\bar{X}$  = nilai rata-rata

n = jumlah data

### 2.3.2 Kemencengan

Kemencengan merupakan nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu distribusi data. Biasanya kemencengan dinyatakan dengan besaran koefisien kemencengan. Berdasarkan hasil perhitungan kemencengan, bentuk kurva frekuensi dari suatu distribusi data dapat diketahui. (Soewarno, 1995)

Selanjutnya, koefisien kemencengan dapat dijadikan salah satu parameter dalam memilih jenis distribusi peluang. Adapun kemencengan untuk sejumlah data sampel dihitung menggunakan rumus berikut:

$$CS = \frac{a}{S^3} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

CS = koefisien kemencengan

a = parameter kemencengan

$$= \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

S = deviasi standar dari sampel

### 2.3.3 Kurtosis

Pengukuran kurtosis dilakukan untuk mengukur keruncingan bentuk dari suatu kurva distribusi. (Soewarno, 1995)

Adapun kurtosis untuk data yang belum dikelompokkan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$CK = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

CK = koefisien kurtosis

$X_i$  = nilai variat

$\bar{X}$  = nilai rata-rata

S = standar deviasi

$f_i$  = frekuensi variat ke-i

#### 2.3.4 Koefisien variasi

Koefisien variasi merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata suatu distribusi. Semakin besar nilai koefisien variasi berarti distribusi data kurang merata, demikian juga sebaliknya. (Soewarno, 1995)

Dalam satuan persen, koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$CV = \frac{100S}{\bar{X}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

CV = koefisien variasi

S = standar deviasi

$\bar{X}$  = nilai rata-rata distribusi

#### 2.3.5 Distribusi log Pearson tipe III

Pearson mengembangkan serangkaian fungsi peluang yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi peluang empiris. Distribusi Log pearson tipe III dikenal

paling fleksibel, hal tersebut menjadikan jenis distribusi ini merupakan yang paling sering digunakan. (Suripin, 2004) Jenis distribusi ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (seperti banjir) dan minimum (seperti debit minimum) dengan nilai ekstrem. Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan nilai variatnya menjadi nilai logaritmik. (Soewarno, 1995)

Persamaan fungsi kerapatan peluang distribusinya adalah seperti berikut:

$$P_{(x)} = \frac{1}{a \cdot \Gamma \cdot b} \left[ \frac{x-c}{a} \right]^{b-1} \cdot e^{-\left[ \frac{x-c}{a} \right]} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

$P(X)$  = peluang dari variat  $X$

$X$  = nilai variat  $X$

$a, b, c$  = parameter

$e$  = 2,71828

$\Gamma$  = fungsi gamma

Selanjutnya, nilai logaritmik  $X$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

$Y$  = Nilai logaritmik dari  $X$

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata  $Y$

$S$  = Deviasi standar  $Y$

$k$  = Karakteristik distribusi Log Pearson tipe III yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai  $k$  untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

| Koef. G | Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun ( <i>periode ulang</i> ) |        |        |       |       |       |       |       |
|---------|--|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | 1, 0101  | 1,2500 | 2      | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   |
|         | Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )        |        |        |       |       |       |       |       |
|         | 99   | 80     | 50     | 20    | 10    | 4     | 2     | 1     |
| 3.0     | -0.667   | -0.636 | -0.396 | 0.420 | 1.180 | 2.278 | 3.152 | 4.051 |
| 2.8     | -0.714   | -0.666 | -0.384 | 0.460 | 1.210 | 2.275 | 3.114 | 3.973 |
| 2.6     | -0.769   | -0.696 | -0.368 | 0.499 | 1.238 | 2.267 | 3.071 | 2.889 |
| 2.4     | -0.832   | -0.725 | -0.351 | 0.537 | 1.262 | 2.256 | 3.023 | 3.800 |
| 2.2     | -0.905   | -0.752 | -0.330 | 0.574 | 1.284 | 2.240 | 2.970 | 3.705 |
| 2.0     | -0.990   | -0.777 | -0.307 | 0.609 | 1.302 | 2.219 | 2.922 | 3.605 |
| 1.8     | -1.087   | -0.799 | -0.282 | 0.643 | 1.318 | 2.193 | 2.848 | 3.499 |
| 1.6     | -1.197   | -0.817 | -0.254 | 0.675 | 1.329 | 2.163 | 2.780 | 3.388 |
| 1.4     | -1.318   | -0.832 | -0.225 | 0.705 | 1.337 | 2.128 | 2.706 | 3.271 |
| 1.2     | -1.449   | -0.844 | -0.195 | 0.732 | 1.340 | 2.087 | 2.626 | 3.149 |
| 1.0     | -1.588   | -0.852 | -0.164 | 0.758 | 1.340 | 2.043 | 2.542 | 3.022 |
| 0.8     | -1.733   | -0.856 | -0.132 | 0.780 | 1.336 | 1.993 | 2.453 | 2.891 |
| 0.6     | -1.880   | -0.857 | -0.099 | 0.800 | 1.328 | 1.939 | 2.359 | 2.755 |
| 0.4     | -2.029   | -0.855 | -0.066 | 0.816 | 1.317 | 1.880 | 2.261 | 2.615 |
| 0.2     | -2.178   | -0.850 | -0.033 | 0.830 | 1.301 | 1.818 | 2.159 | 2.472 |
| 0.0     | -2.326   | -0.842 | 0.000  | 0.842 | 1.282 | 1.751 | 2.051 | 2.326 |
| -0.2    | -2.472   | -0.830 | 0.033  | 0.850 | 1.258 | 1.680 | 1.945 | 2.178 |
| -0.4    | -2.615   | -0.816 | 0.066  | 0.855 | 1.231 | 1.606 | 1.834 | 2.029 |
| -0.6    | -2.755   | -0.800 | 0.099  | 0.857 | 1.200 | 1.528 | 1.720 | 1.880 |
| -0.8    | -2.891   | -0.780 | 0.132  | 0.856 | 1.166 | 1.448 | 1.606 | 1.733 |
| -1.0    | -3.022   | -0.758 | 0.164  | 0.852 | 1.128 | 1.366 | 1.492 | 1.588 |
| -1.2    | -3.149   | -0.732 | 0.195  | 0.844 | 1.086 | 1.282 | 1.379 | 1.449 |
| -1.4    | -3.271   | -0.705 | 0.225  | 0.832 | 1.041 | 1.198 | 1.270 | 1.318 |
| -1.6    | -3.388   | -0.675 | 0.254  | 0.817 | 0.994 | 1.116 | 1.166 | 1.197 |
| -1.8    | -3.499   | -0.643 | 0.282  | 0.799 | 0.945 | 1.035 | 1.069 | 1.087 |
| -2.0    | -3.605   | -0.609 | 0.307  | 0.777 | 0.895 | 0.959 | 0.980 | 0.990 |
| -2.2    | -3.705   | -0.574 | 0.330  | 0.752 | 0.844 | 0.888 | 0.900 | 0.905 |
| -2.4    | -3.800   | -0.537 | 0.351  | 0.725 | 0.795 | 0.823 | 0.830 | 0.832 |
| -2.6    | -3.889   | -0.490 | 0.368  | 0.696 | 0.747 | 0.764 | 0.768 | 0.769 |
| -2.8    | -3.973   | -0.469 | 0.384  | 0.666 | 0.702 | 0.712 | 0.714 | 0.714 |
| -3.0    | -7.051   | -0.420 | 0.396  | 0.636 | 0.660 | 0.666 | 0.666 | 0.667 |

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.3.6 Uji kecocokan distribusi

Uji kecocokan distribusi diperlukan untuk memastikan kecocokan distribusi frekuensi sampel data telah mewakili distribusi statistik sampel data terhadap fungsi distribusi peluang. Pengujian kecocokan distribusi yang digunakan adalah:

#### a. Uji Chi Kuadrat

Hasil uji chi kuadrat menentukan seberapa mewakili persamaan distribusi peluang yang dipilih terhadap distribusi sampel data yang dianalisis. (Suripin, 2004)

Parameter  $\chi^2$  yang digunakan dalam uji chi kuadrat dapat dihitung dengan rumus berikut:



$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

$\chi_h^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub-kelompok

O<sub>i</sub> = jumlah nilai pengamatan sub kelompok ke- i

E<sub>i</sub> = jumlah nilai teoritis sub kelompok ke- i

Langkah-langkah uji kuadrat adalah seperti berikut:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi sub-grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O<sub>i</sub> tiap-tiap sub grup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E<sub>i</sub>
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai :  $(O_i - E_i)^2$  dan  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung
7. Tentukan derajat kebebasan dk = G – R – 1 (nilai R = 2, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai R = 1, untuk Distribusi Poisson).
8. Selain dari hasil perhitungan yang dibandingkan dengan angka galat maksimum ( $\alpha$ ), kecocokan distribusi yang digunakan juga bisa dilihat dari nilai tabel derajat kepercayaan. Nilai derajat kepercayaan dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tabel Nilai Derajat Kepercayaan

| dk | $\alpha$ |        |        |        |        |        |
|----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | 0.005    | 0.01   | 0.025  | 0.05   | 0.1    | 0.25   |
| 1  | 7.879    | 6.635  | 5.024  | 3.841  | 2.706  | 9.000  |
| 2  | 10.597   | 9.21   | 7.378  | 5.991  | 4.605  | 2.773  |
| 3  | 12.838   | 11.345 | 9.348  | 7.815  | 6.251  | 4.108  |
| 4  | 14.86    | 13.277 | 11.143 | 9.488  | 7.779  | 5.385  |
| 5  | 16.75    | 15.086 | 12.833 | 11.07  | 9.236  | 6.626  |
| 6  | 18.548   | 16.812 | 14.449 | 12.592 | 10.645 | 7.841  |
| 7  | 20.278   | 18.475 | 16.013 | 14.067 | 12.017 | 9.037  |
| 8  | 21.955   | 20.09  | 17.535 | 15.507 | 13.362 | 10.219 |
| 9  | 23.589   | 21.666 | 19.023 | 16.919 | 14.684 | 11.389 |
| 10 | 25.188   | 23.209 | 20.483 | 18.307 | 15.987 | 12.549 |
| 11 | 26.757   | 24.725 | 21.92  | 19.675 | 17.275 | 13.701 |
| 12 | 28.300   | 26.217 | 23.337 | 21.026 | 18.549 | 14.845 |
| 13 | 29.819   | 27.688 | 24.736 | 22.362 | 19.812 | 15.984 |
| 14 | 31.319   | 29.141 | 26.119 | 23.685 | 21.064 | 17.117 |
| 15 | 32.801   | 30.578 | 27.488 | 24.996 | 22.307 | 18.245 |
| 16 | 34.267   | 32.000 | 28.845 | 26.296 | 23.542 | 19.369 |
| 17 | 35.718   | 33.409 | 30.191 | 27.587 | 24.769 | 20.489 |
| 18 | 37.156   | 34.805 | 31.526 | 28.869 | 25.989 | 21.605 |
| 19 | 38.582   | 36.191 | 32.852 | 30.144 | 27.204 | 22.718 |
| 20 | 39.997   | 37.566 | 34.17  | 31.41  | 28.412 | 23.828 |

(sumber: Suripin, 2004))

Hasil dari uji chi kuadrat dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- Apabila nilai  $\chi^2$  hasil hitungan < nilai  $\chi^2$  dari tabel derajat kepercayaan, berarti distribusi sesuai dan persamaan distribusi yang diuji dapat diterima.

- Apabila nilai  $\chi^2$  hasil hitungan  $>$  nilai  $\chi^2$  dari tabel derajat kepercayaan peluang maka distribusi tidak dapat diterima.
- Apabila nilai  $\chi^2$  mendekati nol maka diperlukan tambahan data untuk memastikan hasil interpretasinya.

Berdasarkan data pada Tabel 2.2, nilai peluang yang akan digunakan untuk memperoleh garis distribusi peluang dapat diketahui.

b. Uji Smirnof-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnof - Kolmogorov disebut juga uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. (Suripin, 2004)

Prosedur pengujian kecocokan distribusi menggunakan uji Smirnof-kolmogorv adalah seperti berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besar peluang dari tiap data tersebut.
2. Tentukan nilai tiap peluang teoritis dari data.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan dan peluang teoritis (D).
4. Berdasarkan tabel nilai kritis, tentukan nilai  $D_0$  dari tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnof-Kolmogorov

| N  | Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ ) |      |      |      |
|----|----------------------------------|------|------|------|
|    | 0,20                             | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
| 5  | 0,45                             | 0,51 | 0,56 | 0,67 |
| 10 | 0,32                             | 0,37 | 0,41 | 0,49 |
| 15 | 0,27                             | 0,30 | 0,34 | 0,40 |

| Lanjutan Tabel 2.3 |                                  |      |      |      |
|--------------------|----------------------------------|------|------|------|
| N                  | Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ ) |      |      |      |
|                    | 0,20                             | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
| 20                 | 0,23                             | 0,26 | 0,29 | 0,36 |
| 25                 | 0,21                             | 0,24 | 0,27 | 0,32 |
| 30                 | 0,19                             | 0,22 | 0,24 | 0,29 |
| 35                 | 0,18                             | 0,20 | 0,23 | 0,27 |
| 40                 | 0,17                             | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45                 | 0,16                             | 0,18 | 0,20 | 0,24 |
| 50                 | 0,15                             | 0,17 | 0,19 | 0,23 |
| N > 50             | 1,07                             | 1,22 | 1,36 | 1,63 |

(Sumber: Suripin, 2004)

Jika  $D < D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima. Namun, apabila  $D > D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

## 2.4 Analisis Curah Hujan Rencana

### 2.3.1 Periode ulang

Periode ulang adalah interval waktu dari suatu variabel hidrologi untuk dapat disamai atau terlampaui. Dalam tugas akhir ini penentuan periode ulang dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Dalam peraturan tersebut dipaparkan penentuan periode ulang suatu daerah berdasarkan luas daerah pengaliran dan populasinya. Penentuan periode ulang tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Periode Ulang berdasarkan Tipologi Kota

| Tipologi Kota     | Populasi   | Daerah Tangkapan Air (Ha) |          |           |            |
|-------------------|------------|---------------------------|----------|-----------|------------|
|                   | ribu jiwa  | <10                       | 10 – 100 | 101 – 500 | >500       |
| Kota Metropolitan | >1.000     | 2Tahun                    | 2-5Tahun | 5-10Tahun | 10-25Tahun |
| Kota Besar        | 500 -1.000 | 2Tahun                    | 2-5Tahun | 2-5Tahun  | 5-20Tahun  |
| Kota Sedang       | 100-500    | 2Tahun                    | 2-5Tahun | 2-5Tahun  | 5-10Tahun  |
| Kota Kecil        | 20-100     | 2Tahun                    | 2Tahun   | 2Tahun    | 2-5Tahun   |

(Sumber: PerMen PU No. 12/PRT/M/2014)

### 2.3.2 Intensitas hujan

Curah hujan rencana tiap jam bisa dihitung dengan rumus Mononobe. Rumus Mononobe merupakan solusi menghitung intensitas hujan jika hanya tersedia data curah hujan harian. (Suripin, 2004)

Rumus Mononobe adalah seperti berikut:

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$RT = t \times R_t - (t-1) \times R_{t(t-1)} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

$R_t$  = Rata-rata hujan sampai jam ke-t (mm)

$R_{24}$  = Tinggi hujan dalam 24 jam (mm)

$RT$  = Tinggi hujan dalam 24 jam ke-T (mm)

$t$  = Waktu hujan (jam)

$R_{t(t-1)}$  = Rata-rata hujan selama t-1 (mm)

### 2.3.3 Hidrograf satuan sintetis Nakayasu

HSS Nakayasu merupakan suatu rumusan hidrograf satuan sintetis yang dibuat berdasarkan penyelidikan hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. (Soemarto, 1999) Namun demikian, definisi dasar yang digunakan dalam HSS Nakayasu tetap serupa dengan definisi hidrograf pada umumnya. Secara umum hidrograf satuan sintetis merupakan hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang dihasilkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata pada suatu DAS dengan intensitas dan durasi tertentu. (Natakusumah, Hatmoko, & Timidzi, 2012)

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/detik$ )

$C$  = nilai koefisien pengaliran

$A$  = catchment area ( $km^2$ )

$R_o$  = hujan satuan (mm)

$T_p$  = tenggang waktu (*time lag*) terhitung dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$  = waktu yang dibutuhkan untuk penurunan dari debit puncak sampai dengan sebesar  $0,3Q_p$  (jam)

Nilai tenggang waktu ( $T_p$ ) yang dapat dihitung dengan rumus:

$$T_p = T_g + 0,8T_r \dots \dots \dots (2.12)$$

$$T_r = 0,5 T_g > x > T_g \dots \dots \dots (2.13)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g \dots \dots \dots (2.14)$$

Dalam menghitung tenggang waktu, hidrograf satuan sintesis nakayasu membedakan lamanya waktu konsentrasi ( $t_g$ ) terhadap panjang sungai yang ditinjau dalam suatu DAS. Perbedaan tersebut dapat dilihat dalam rumus berikut:

$$T_g = 0,4 + (0,058L) \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$T_g = 0,21L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$\alpha$  = koefisien pembandingan

$L$  = panjang alur sungai (km)

Nilai koefisien pembandingan diatur dalam tiga kondisi, yaitu:

- $\alpha = 2$  ; untuk daerah pengaliran biasa
- $\alpha = 1,5$  ; untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurunnya cepat

- $\alpha = 3$  ; untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat

HSS Nakayasu banyak digunakan dalam perencanaan bendungan dan perbaikan sungai. Sebagai contoh metode ini dipakai dalam penentuan banjir rencana bendungan di Lahor, Wlingi, Wonorejo dan Sengguruh serta perbaikan sungai Kali Brantas bagian tengah.

## 2.5 Analisis Kondisi Hidraulis Sungai

### 2.5.1 HEC-RAS

Untuk mengetahui perilaku aliran pada saluran yang dijadikan objek kajian, perlu dilakukan suatu analisis yang mampu menggambarkan kondisi hidraulisnya. Dalam hal ini analisis dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0. Program bantu tersebut diciptakan untuk memodelkan aliran satu dimensi dari suatu saluran. Program tersebut memberi kemudahan bagi pengguna untuk mengetahui hasil simulasi model dengan tampilan grafisnya.

Pada program bantu HEC-RAS terdapat dua jenis aliran yang bisa digunakan untuk menganalisis, yaitu *steady flow* dan *unsteady flow*. Jika debit yang mengalir pada saluran tidak berubah terhadap waktu maka digunakan analisis *steady flow*. Namun jika debit yang dimodelkan pada saluran berubah terhadap waktu, maka yang digunakan adalah *unsteady flow*. Selanjutnya, hasil analisa hidrolis dari HEC-RAS dapat dijadikan acuan dalam mengevaluasi kemampuan saluran dalam mengalirkan debit yang disimulasikan.

### 2.5.2 Banjir

Banjir adalah terjadinya luapan atau jebolannya air banjir, disebabkan oleh kurangnya kapasitas penampang saluran pembuang. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di

bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang. Pada umumnya dampak buruk dari banjir bersifat relatif dan sulit diidentifikasi secara jelas. Kerugian akibat banjir terdiri dari kerugian langsung dan tak langsung. Kerugian akibat banjir langsung, merupakan kerugian fisik atau rusaknya infrastruktur. Sedangkan kerugian akibat banjir tak langsung berupa kerugian kesulitan yang timbul secara tak langsung diakibatkan oleh banjir, seperti terputusnya komunikasi, terganggunya pendidikan, kesehatan, dan kegiatan bisnis hingga trauma psikis akibat banjir yang ditimbulkan oleh kerugian harta benda dan kehilangan anggota keluarga. (Kodoatie & Sjarief, 2010)

## **2.6 Metode Pengendalian Banjir**

Upaya pengendalian banjir adalah bagian dari pengelolaan sumber daya air yang lebih spesifik untuk mengontrol debit yang dialirkan oleh sistem pembawa air seperti sungai. Menggunakan berbagai cara, banjir dikendalikan dengan infrastruktur pengendali, peningkatan kapasitas sistem pembawa, dan pencegahan banjir lewat pengelolaan tata guna lahan dan daerah banjir. Upaya pengendalian banjir merupakan hal yang kompleks. Hal itu disebabkan proses rekayasa (*engineering*) melibatkan banyak aspek ilmu diantaranya hidrologi, hidrolika, teknik sungai, dan lain sebagainya. (Kodoatie & Sugiyanto, 2002)

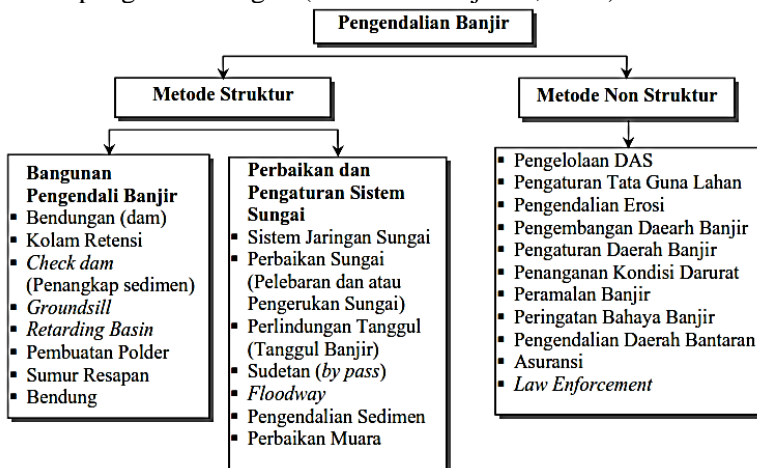
Diketahui ada 4 strategi dasar pengelolaan daerah banjir diantaranya:

1. Modifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tata guna lahan)
2. Modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bangunan pengontrol atau normalisasi sungai
3. Modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknik mitigasi seperti asuransi dan penghindaran banjir (*flood proofing*)



#### 4. Pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan

Pengendalian banjir untuk suatu daerah merupakan hal yang unik. Hal ini disebabkan sistem pengendalian banjir suatu daerah belum tentu atau tidak dapat diterapkan pada daerah lain. Cara penanganan pengendalian banjir dapat dilakukan secara struktur dan non struktur. Adapun tersebut harus ditinjau dalam satu sistem pengaliran sungai. (Kodoatie & Sjarief, 2010)



Gambar 2. 2 Metode Pengendalian Banjir  
(Sumber: Kodoatie & Sjarief, 2010)

Berdasarkan gambar 2.1 diketahui jika pengendalian banjir dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang penting adalah pertimbangan secara menyeluruh terhadap opsi yang paling optimal. Pertimbangan yang dijadikan acuan untuk memilih metode pengendalian banjir diantaranya aspek teknis, ekonomi, sosial dan politik. Adapun dari beberapa alternatif pengendalian banjir dapat dijadikan sebagai kombinasi yang saling melengkapi. Berikut adalah beberapa opsi yang dapat digunakan untuk pengendalian banjir (Kodoatie & Sugiyanto, 2002):

### 2.6.1 Tanggul penahan banjir

Tanggul pengendali banjir berfungsi melokalisir banjir di sungai sehingga tidak melimpas ke bagian kanan dan kiri sungai yang merupakan daerah peruntukan. Tanggul penahan banjir terdiri dari beberapa jenis diantaranya:

- Tanggul utama yang berfungsi menahan debit banjir yang mengalir di sungai secara langsung. Tanggul ini dibangun memanjang dan sejajar dengan sungai.
- Tanggul sekunder merupakan tanggul tambahan terhadap tanggul utama. Kadang tanggul dibuat di sekitar daerah rendah untuk meningkatkan keamanan dari ancaman banjir atau keadaan darurat. Selain itu tanggul sekunder juga dapat digunakan untuk melindungi daerah khusus dengan tujuan tertentu.

Dalam mendesain tanggul digunakan sejumlah elemen diantaranya elevasi muka air banjir, tinggi jagaan, dan lebar bagian puncak tanggul (mercu tanggul). Tinggi tanggul akan disesuaikan dengan elevasi muka air banjir terhadap elevasi tanah di sekitar sungai. Selanjutnya, tinggi tanggul tersebut ditambah dengan tinggi jagaan sehingga banjir yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak melimpah. Adapun ketinggian tanggul ditentukan berdasarkan hubungannya terhadap debit banjir yang dialirkan seperti ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Hubungan antara debit Banjir Rencana dengan Tinggi Jagaan Tanggul

| Debit Banjir Rencana<br>(m <sup>3</sup> /det) | Tinggi Jagaan<br>(m) |
|---|----------------------|
| < 200   | 0,6                  |
| 200 – 500                                     | 0,8                  |
| 500 – 2000                                    | 1                    |
| 2000 – 5000                                   | 1,2                  |
| 5000 – 10000                                  | 1,5                  |

Lanjutan Tabel 2.5

| Debit Banjir Rencana<br>( $\text{m}^3/\text{det}$ ) | Tinggi Jagaan<br>(m) |
|---|----------------------|
| > 10000   | 2                    |

(Sumber: Sosrodarsono &amp; Tominaga, 1984)

Selain tinggi tanggul, lebar mercu tanggul juga harus didesain dengan baik. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi penggunaan lahan yang terlalu luas terutama di daerah padat penduduk. Dengan demikian tanggul yang dibangun tidak terlalu lebar dengan kemiringan lereng yang dianggap memadai. Lebar mercu tanggul dalam hal ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan pengelola wilayah sungai dalam melakukan inspeksi dan pemeliharaan tanggul. Serupa dengan tinggi jagaan, lebar mercu juga direncanakan berdasarkan debit banjir rencana seperti ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Hubungan antara debit Banjir Rencana dengan Lebar Mercu Tanggul

| Debit Banjir Rencana<br>( $\text{m}^3/\text{det}$ ) | Lebar Mercu Tanggul<br>(m) |
|---|----------------------------|
| < 500   | 3                          |
| 500 – 2000  | 4                          |
| 2000 – 5000   | 5                          |
| 5000 – 10000  | 6                          |
| > 10000   | 7                          |

(Sumber: Sosrodarsono &amp; Tominaga, 1984)

### 2.6.1 Normalisasi penampang sungai

Dalam upaya pengendalian banjir, cara ini dapat dilakukan pada hampir semua sungai di daerah hilir. Normalisasi atau pengerukan alur sungai bertujuan meningkatkan kapasitas pengaliran sungai dan memperlancar alirannya. Perhitungan berupa analisis hidrologi, hidrolika dan sedimentasi dibutuhkan untuk meminimalisir kemungkinan kembalinya alur sungai ke bentuk semula. Kegiatan normalisasi

diantaranya terdiri dari kegiatan melebarkan sungai, mengarahkan alur sungai, dan mengeruk sungai.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB III METODOLOGI**

Dalam penulisan tugas akhir ini, dibutuhkan suatu metodologi yang terdiri dari tahap persiapan penyusunan hingga selesai. Dengan demikian, maka penyusunan tugas akhir ini bisa selesai tepat waktu dan sesuai dengan tujuan awal penyusunannya. Adapun tahap pengerjaan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

### **3.1 Tahap Persiapan**

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan selama penyusunan tugas akhir. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder yang didapat dari berbagai pihak. Data primer didapatkan dari hasil observasi langsung, sedangkan data sekunder didapat lewat bantuan pihak lain selaku penyedia data yang akan diolah dengan adanya tugas akhir ini. Secara rinci tahap persiapan dijelaskan seperti berikut:

#### **3.1.1 Studi literatur**

Pada tahap ini, seluruh materi yang berkaitan dengan pengendalian banjir terutama di Kali Lamong akan dipelajari. Hasil yang didapat dari tahap ini adalah pengetahuan tentang metode penanggulangan banjir dari berbagai sudut pandang. Dengan dilakukannya studi literatur ini diharapkan penyusunan tugas akhir tentang pengendalian banjir di Kali Lamong ini bisa dilakukan secara objektif.

#### **3.1.2 Survei lapangan**

Survei lapangan dibutuhkan agar penyusunan tugas akhir bisa berjalan sesuai dengan kondisi eksisting Kali Lamong. Tahap ini diperlukan karena tak jarang ditemukan hal-hal non teknis yang berpengaruh pada desain yang tak bisa dianalisis lewat data yang didapat. Adapun dari tahap ini diharapkan

memiliki hasil berupa pengamatan dan wawancara kepada pihak terkait.

### **3.1.3 Perumusan masalah**

Berdasarkan hasil studi literatur dan survei lapangan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang perlu dibahas dalam tugas akhir ini sebagaimana dipaparkan pada bab I. Selanjutnya rumusan masalah akan dijadikan acuan untuk mencari tahu kebutuhan data yang diperlukan.

### **3.1.4 Pengumpulan data**

Dalam prosesnya, pengumpulan data dilakukan dengan mengajukan surat serta proposal permohonan data kepada sejumlah instansi pemilik data. Adapun instansi yang dituju merupakan instansi yang memiliki wewenang terhadap pengendalian banjir khususnya di Kali Lamong. Dalam proses pemenuhan data sampai saat ini telah didapatkan sejumlah data diantaranya seperti berikut:

- Data curah hujan tahun 2006 – 2016 untuk stasiun pencatat Benjeng, Cerme, Menganti, Balongpanggang, Ngimbang, Sembung, Kabuh dan Gedeg.
- Data penampang melintang Kali Lamong.
- Peta genangan banjir Kali Lamong.
- Laporan Detil Desain Kali Lamong.

## **3.2 Tahap Analisis**

### **3.2.1 Analisis hidrologi**

Pada tahap ini, data curah hujan disortir dengan memilih curah hujan maksimum yang terjadi tiap tahun. Selanjutnya data tersebut diplotkan terhadap lokasi stasiun hujannya. Kemudian curah hujan wilayah dapat dihitung dengan metode poligon thiessen. Selanjutnya, data curah hujan yang telah diolah akan dianalisis menggunakan beberapa parameter

statistik. Adapun proses analisis tersebut dilakukan berdasarkan pemaparan teori pada tinjauan pustaka, dengan langkah-langkah seperti berikut:

- Perhitungan Deviasi Standar
- Perhitungan Kemencengan
- Perhitungan Kurtosis
- Perhitungan Koefisien Variasi
- Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III
- Uji Kecocokan Distribusi

Curah hujan rencana ditentukan berdasarkan hasil analisa statistik terhadap data hujan yang dimiliki. Pada analisis curah hujan rencana, dilakukan sejumlah tahapan mulai dari penentuan periode ulang, hingga perhitungan intensitas curah hujan.

### **3.2.2 Debit banjir rencana**

Berdasarkan hasil perhitungan intensitas curah hujan dengan periode tertentu, maka debit banjir rencana dapat dihitung. Debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan hidrograf satuan sintesis Nakayasu.

### **3.2.3 Analisis hidrolika**

Untuk mengetahui kapasitas penampang objek studi, diperlukan suatu analisis yang mampu menggambarkan kondisi saluran eksisting maupun rencana. Analisis dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0. HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System*) dirancang untuk membuat simulasi aliran satu dimensi. Langkah-langkah analisis sungai menggunakan HEC-RAS adalah sebagai berikut:

#### **a. Pemodelan Sungai**

Pada tahap ini, Kali Lamong akan disimulasikan menggunakan program bantu HEC-RAS. Dengan



membuat alur sungai lalu memasukkan data geometri, maka Kali Lamong dapat dimodelkan sesuai hasil pengukuran lapangan yang datanya telah dimiliki.

b. Menentukan Kondisi Batas

Debit yang dialirkan oleh sungai didapat dari hasil perhitungan hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Debit tersebut dimasukkan sebagai kondisi batas aliran *unsteady*. Adapun debit dari tiap subDAS yang turut dimodelkan akan diperhitungkan sebagai tambahan debit pada Kali Lamong. Selain data debit hasil perhitungan, data pasang laut tertinggi pada hilir Kali Lamong juga dimasukkan sebagai kondisi batas aliran pada model HEC-RAS.

c. Analisis Hidraulis Sungai

Setelah simulasi terhadap pemodelan Kali Lamong pada HEC-RAS dijalankan, kejadian banjir dapat diketahui. Pada tahap ini, banjir terjadi jika elevasi muka air pada profil yang dimodelkan melebihi ketinggian tanggul atau tepi salurannya. Selanjutnya hasil analisis ini akan digunakan sebagai dasar dalam analisis metode pengendalian banjir.

### 3.2.4 Perencanaan alternatif pengendalian banjir

Dalam menentukan alternatif pengendalian banjir dipilih metode dianggap paling realistis jika ditinjau dari pengaruhnya dalam mengurangi banjir dan pemakaian lahan jika diaplikasikan. Pada tahap ini, jika debit banjir rencana lebih besar dari kapasitas sungai dalam menampung debit maksimum atau *fullbank capacity* ( $Q_{fb}$ ) maka metode akan ditingkatkan dengan tambahan kriteria pengendalian banjir lainnya sehingga menghasilkan suatu alternatif baru. Jika dalam proses analisis ditemukan alternatif yang mampu menampung debit banjir rencana maka alternatif tersebut dapat ditentukan sebagai solusi

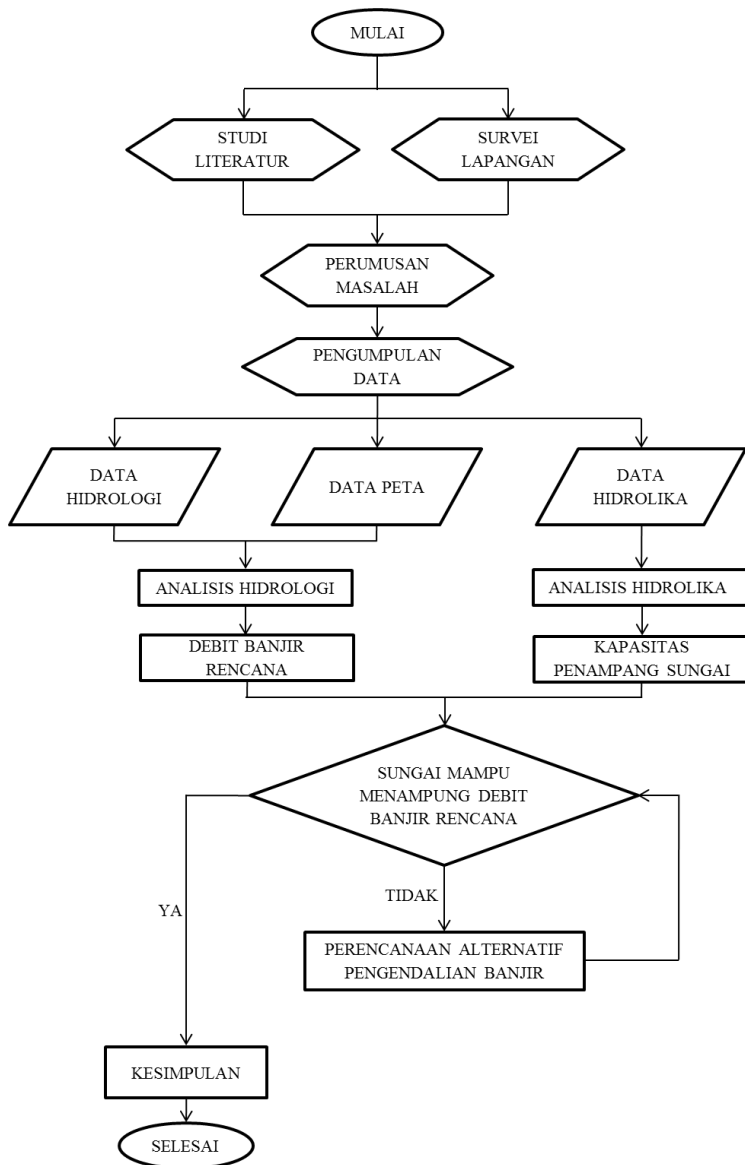
pengendalian banjir terbaik dan proses perencanaan alternatif dapat di tutup dengan kesimpulan.

### **3.3 Hasil dan Kesimpulan**

Hasil yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah solusi pengendali banjir Kali Lamong. Adapun kesimpulan dapat disusun setelah tugas akhir ini mencapai hasil yang dituju. Selain itu, hasil dari tugas akhir ini dapat dijadikan saran bagi instansi terkait yang memiliki wewenang dalam pengendalian banjir Kali Lamong.

### **3.4 Diagram Alir**

Adapun diagram alir penyusunan Tugas Akhir ini ditunjukkan pada gambar 3.1.

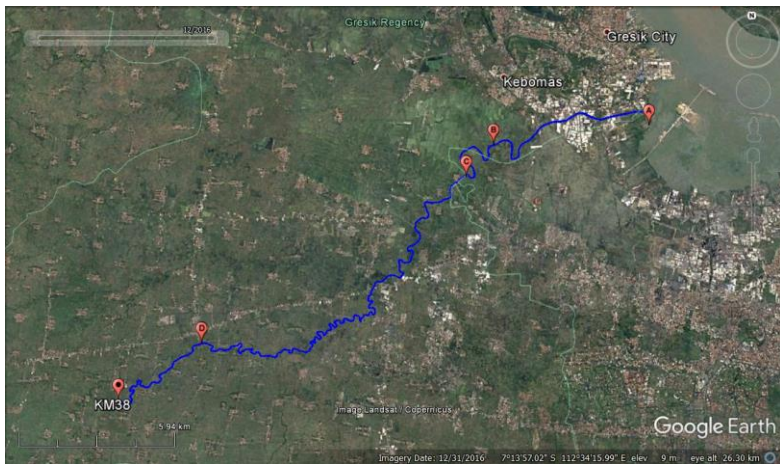


Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Survei Lapangan**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, dilakukan survei lapangan untuk mendapatkan data primer. Survei dilakukan pada empat lokasi yaitu TPI Romokalisari, Bendung Karet Kali Lamong I, satu titik di Kelurahan Sumberejo dan satu titik di Kecamatan Benjeng. Lokasi titik survei lapangan ditunjukkan dalam gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Titik Lokasi Survei Kali Lamong

Titik A berada pada koordinat  $7^{\circ}11'53.87''\text{S}$   $112^{\circ}39'53.24''\text{E}$  merupakan Tempat Pelelangan Ikan Romokalisari yang masuk dalam daerah Kota Surabaya bagian barat. Dari pengamatan dan wawancara di lokasi tersebut diketahui tinggi maksimum muka air laut ketika terjadi pasang di hilir Kali Lamong. Dalam kondisi muka air laut pada pasang maksimal TPI masih aman dari banjir. Selain itu, diketahui juga pada daerah hilir Kali Lamong terdapat sejumlah tambak pada sisi kanan sungai dan area konservasi bakau di sisi kiri. Tinggi pasang maksimum yang pernah terjadi dapat dilihat pada gambar 4.2.



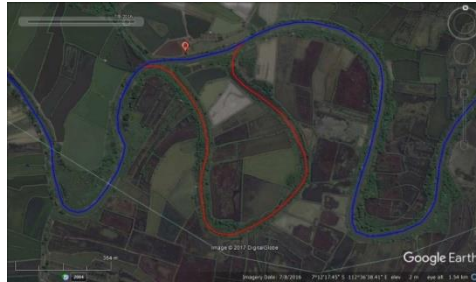
Gambar 4. 2 Tinggi Muka Air dalam Kondisi Pasang Maksimum di Titik A

Titik B pada koordinat  $7^{\circ}12'7.49''S$   $112^{\circ}36'30.38''E$  merupakan Bendung Karet Kali Lamong I yang berada pada Kecamatan Cerme. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, diketahui Bendung karet Kali Lamong I sudah tidak dioperasikan lagi. Hal itu disebabkan oleh bendung karet yang sobek dan rumah operator bendung yang rusak. Kondisi Bendung Karet yang rusak dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Kondisi Bendung Karet Kali Lamong I yang rusak di Titik B

Selain itu, kondisi aliran Kali Lamong di titik survei ini terganggu oleh tumbuhan di tepi sungai dan sampah yang terbawa aliran sungai. Alur Kali lamong yang berada pada titik B juga bukan alur sungai yang sebenarnya, melainkan alur buatan yang memangkas kelokan Kali Lamong yang ada di dekat bendung karet. Alur Kali Lamong yang ada pada titik B dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Alur Kali Lamong di Titik B

Titik C dengan koordinat  $7^{\circ}12'46.63''\text{S}$   $112^{\circ}35'52.35''\text{E}$  berada di Kelurahan Sumberejo, Kota Surabaya. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada titik C, diketahui jika Kali Lamong memiliki penampang sungai yang relatif datar dan sebagian besar bersebelahan dengan area tambak yang masih belum dilindungi dengan tanggul. Selain itu, rumput ilalang juga tumbuh cukup lebat di tepi sungai. Kondisi Kali Lamong pada titik C ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Kondisi Kali Lamong pada titik C

Lokasi survei yang ke empat (titik D) pada koordinat  $7^{\circ}15'57.35''\text{S}$   $112^{\circ}30'5.71''\text{E}$  berada pada Kecamatan Benjeng. Pada saat survei dilakukan pada titik ini, kondisi Kali Lamong berada pada kondisi kemarau sehingga aliran air di Kali Lamong sangat kecil jika dibanding dengan kondisi saat musim hujan. Selain itu, kondisi tepi sungai ditumbuhi banyak ilalang dan

kedalaman air pada Kali Lamong sangat dangkal. Kondisi Kali Lamong pada titik D dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Kondisi Kali Lamong pada titik D

## 4.2 Pengumpulan Data

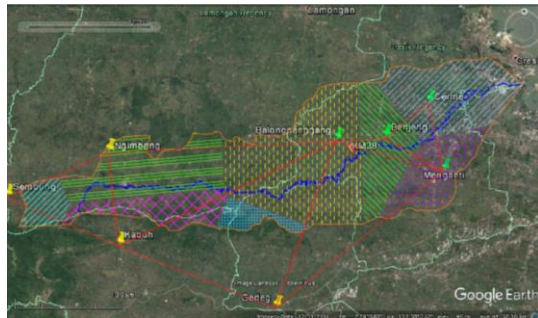
Data yang dikumpulkan untuk menyusun tugas akhir ini merupakan data sekunder yang didapat dari beberapa instansi. Instansi tersebut merupakan pihak yang juga memiliki wewenang dan pengaruh terhadap pengendalian banjir Kali Lamong. Adapun sejumlah data sekunder yang dimaksud dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. 1 Daftar Data Sekunder yang Digunakan

| No. | Jenis Data   | Sumber  |
|-----|--|---|
| 1   | Data Curah Hujan Harian<br>DAS Kali Lamong 2006-<br>2016 | BBWS Bengawan Solo,<br>Dinas PU Pengairan Jawa<br>Timur, Dinas PU Kabupaten<br>Gresik |
| 2   | Peta Genangan Banjir Kali<br>Lamong 2016                 | BBWS Bengawan Solo  |
| 3   | Laporan Review DD Kali<br>Lamong                         | BBWS Bengawan Solo  |
| 4   | Profil Memanjang dan<br>Melintang Kali Lamong            | BBWS Bengawan Solo  |

### 4.3 Analisis Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan berasal dari delapan stasiun hujan yaitu Cerme, Benjeng, Menganti, Balongpanggang, Gedeg, Kabuh, Ngimbang dan Sembung. Seluruh data curah hujan tersebut merupakan hasil pemantauan curah hujan pada tahun 2006 – 2016. Hal pertama yang dilakukan adalah menentukan lokasi stasiun hujan dan mencari pengaruhnya terhadap DAS Kali Lamong. Dalam hal ini, seluruh stasiun hujan diplotkan pada lokasinya berdasarkan titik koordinat yang dimiliki. Setelah stasiun hujan diplotkan, pengaruh masing-masing stasiun hujan terhadap DAS Kali Lamong dapat dicari dengan poligon thiessen. Berdasarkan poligon thiessen yang dibuat, diketahui jika curah hujan DAS Kali Lamong dipengaruhi oleh curah hujan yang dicatat oleh delapan stasiun hujan tersebut. Luas pengaruh stasiun hujan terhadap curah hujan DAS Kali Lamong dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Kali Lamong

Selanjutnya, dengan menggunakan proporsi luas daerah pengaruh stasiun hujan terhadap luas DAS maka besarnya curah hujan wilayah bisa dihitung. Data curah hujan harian dari tiap stasiun hujan diurutkan berdasarkan tanggalnya, lalu tiap satu tahun pengamatan dipilih curah hujan tertinggi untuk mewakili daerah pengaruh stasiun hujan pada tahun tersebut. Kemudian, dengan rumus metode polygon thiessen curah hujan wilayah



dapat dihitung. Hasil hitungan curah hujan wilayah dengan metode poligon thiessen ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Hitungan Curah Hujan Rata-rata Wilayah

| Tahun | Luas Daerah Pengaruh Stasiun Hujan |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | Luas DAS           | CH Rata- |
|-------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|
|       | Benjeng                            | Cerme              | Menganti           | Balongpanggang     | Ngimbang           | Sembung            | Kabuh              | Gedeg              | Kali Lamong        | rata     |
|       | (km <sup>2</sup> )                 | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> ) |          |
|       | 82.10                              | 121.36             | 73.88              | 215.56             | 115.21             | 29.53              | 59.61              | 22.74              | 720                | (mm)     |
| 2006  | 94                                 | 120                | 75                 | 99                 | 103                | 69                 | 137                | 94                 |                    | 101.82   |
| 2007  | 79                                 | 70                 | 73                 | 87                 | 84                 | 62                 | 147                | 92                 |                    | 85.32    |
| 2008  | 76                                 | 74                 | 52                 | 78                 | 82                 | 91                 | 112                | 91                 |                    | 78.83    |
| 2009  | 84                                 | 88                 | 97                 | 87                 | 94                 | 49                 | 108                | 74                 |                    | 88.74    |
| 2010  | 90                                 | 111                | 76                 | 114                | 103                | 85                 | 146                | 102                |                    | 106.25   |
| 2011  | 89                                 | 108                | 73                 | 153                | 119                | 56                 | 136                | 75                 |                    | 116.62   |
| 2012  | 53                                 | 73                 | 67                 | 68                 | 64                 | 165                | 133                | 81                 |                    | 76.16    |
| 2013  | 98                                 | 110                | 128                | 109                | 71                 | 87                 | 93                 | 93                 |                    | 101.05   |
| 2014  | 112                                | 150                | 130                | 90                 | 118                | 112                | 78                 | 95                 |                    | 111.27   |
| 2015  | 82                                 | 109                | 60                 | 90                 | 120                | 76                 | 100                | 95                 |                    | 94.42    |
| 2016  | 82                                 | 126                | 90                 | 97                 | 95                 | 86                 | 124                | 100                |                    | 101.02   |

Contoh hitungan:

Curah Hujan Wilayah tahun 2016

$$\bar{R} = \frac{82 \times 82,10 + 126 \times 121,36 + 90 \times 73,88 + 97 \times 215,56 + 95 \times 115,21 + 86 \times 29,53 + 124 \times 59,61 + 100 \times 22,74}{82,10 + 121,36 + 73,88 + 215,56 + 115,21 + 29,53 + 59,61 + 22,74}$$

$$\bar{R} = 101,02 \text{ mm}$$

#### 4.4 Analisis Statistik terhadap Data Curah Hujan

Hasil perhitungan curah hujan wilayah yang didapat selanjutnya dianalisis dengan statistik. Adapun analisis statistik didasari dengan sejumlah perhitungan parameter. Untuk itu, data curah hujan wilayah terlebih dahulu diolah dengan mengurutkan nilai curah hujan wilayah terkecil sampai terbesar, menghitung rata-ratanya dan mengalikannya seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Curah Hujan Wilayah untuk Analisis Statistik

| No. | Tahun | Xi    | (Xi-Xrt) | (Xi-Xrt) <sup>2</sup> | (Xi-Xrt) <sup>3</sup> | (Xi-Xrt) <sup>4</sup> |
|-----|-------|-------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1   | 2012  | 76.16 | -20.34   | 413.74                | -8415.86              | 171184.50             |
| 2   | 2008  | 78.83 | -17.67   | 312.29                | -5518.69              | 97524.77              |
| 3   | 2007  | 85.32 | -11.18   | 124.99                | -1397.37              | 15622.49              |

Lanjutan Tabel 4.3

| No.    | Tahun | Xi      | (Xi-Xrt) | (Xi-Xrt) <sup>2</sup> | (Xi-Xrt) <sup>3</sup> | (Xi-Xrt) <sup>4</sup> |
|--------|-------|---------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 4      | 2009  | 88.74   | -7.76    | 60.19                 | -466.96               | 3622.74               |
| 5      | 2015  | 94.42   | -2.08    | 4.31                  | -8.95                 | 18.58                 |
| 6      | 2016  | 101.02  | 4.52     | 20.41                 | 92.22                 | 416.66                |
| 7      | 2006  | 101.82  | 5.32     | 28.30                 | 150.56                | 800.97                |
| 8      | 2013  | 101.05  | 4.55     | 20.70                 | 94.20                 | 428.63                |
| 9      | 2010  | 106.25  | 9.75     | 95.01                 | 926.16                | 9027.81               |
| 10     | 2014  | 111.27  | 14.77    | 218.24                | 3224.00               | 47627.67              |
| 11     | 2011  | 116.62  | 20.12    | 404.74                | 8142.57               | 163813.18             |
| Jumlah |       | 1061.51 | 0.00     | 1702.93               | -3178.11              | 510088.00             |

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata (Xrt)} &= \frac{\sum X_i}{n} \\
 &= \frac{1061,51}{11} \\
 &= 96,50
 \end{aligned}$$

#### 4.4.1 Deviasi standar

Dengan sampel data menggunakan curah hujan wilayah yang telah diolah seperti pada tabel 4.3, maka deviasi standar dapat dihitung seperti berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1702,93}{11-1}} = 13,05$$

#### 4.4.2 Kemencengan

Selanjutnya, koefisien kemencengan untuk sejumlah data curah hujan wilayah dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \\
 &= \frac{11}{(11-1)(11-2)} - 3178,11 \\
 &= -388,436
 \end{aligned}$$

$$CS = \frac{a}{s^3} = \frac{-388,436}{13,05^3} = -0,175$$

#### 4.4.3 Kurtosis

Dengan data curah hujan wilayah yang belum dikelompokkan, maka kurtosis dapat dihitung seperti berikut:

$$CK = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} = \frac{\frac{1}{11} 510088}{13,05^4} = 1,599$$

#### 4.4.4 Koefisien variasi

Koefisien variasi dihitung dengan perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$CV = \frac{100S}{\bar{X}} = \frac{100 \times 13,05}{96,50} = 13,52\%$$

#### 4.4.5 Distribusi log pearson tipe III

Nilai curah hujan wilayah kemudian dihitung distribusinya menggunakan Log Pearson Tipe III. Pada awal perhitungan, data curah hujan perlu diubah menjadi data logaritmik. Hasil perhitungan awal distribusi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Awal Log Pearson Tipe III

| No.    | Tahun | $X_i$    | P (%) | Log $X_i$ | (Log $X_i$ ) <sup>3</sup> | Log $X_i$ - Log $X_{rt}$ | (Log $X_i$ - Log $X_{rt}$ ) <sup>2</sup> | (Log $X_i$ - Log $X_{rt}$ ) <sup>3</sup> |
|--------|-------|----------|-------|-----------|---------------------------|--------------------------|--|--|
| 1      | 2012  | 76.16    | 8.33  | 1.88      | 6.663                     | -0.099                   | 0.00982                                  | -0.000973                                |
| 2      | 2008  | 78.83    | 16.67 | 1.90      | 6.823                     | -0.084                   | 0.00708                                  | -0.000595                                |
| 3      | 2007  | 85.32    | 25.00 | 1.93      | 7.201                     | -0.050                   | 0.00248                                  | -0.000123                                |
| 4      | 2009  | 88.74    | 33.33 | 1.95      | 7.394                     | -0.033                   | 0.00107                                  | -0.000035                                |
| 5      | 2015  | 94.42    | 41.67 | 1.98      | 7.705                     | -0.006                   | 0.00003                                  | 0.000000                                 |
| 6      | 2016  | 101.02   | 50.00 | 2.00      | 8.053                     | 0.024                    | 0.00056                                  | 0.000013                                 |
| 7      | 2006  | 101.82   | 58.33 | 2.01      | 8.094                     | 0.027                    | 0.00073                                  | 0.000020                                 |
| 8      | 2013  | 101.05   | 66.67 | 2.00      | 8.055                     | 0.024                    | 0.00056                                  | 0.000013                                 |
| 9      | 2010  | 106.25   | 75.00 | 2.03      | 8.320                     | 0.046                    | 0.00207                                  | 0.000094                                 |
| 10     | 2014  | 111.27   | 83.33 | 2.05      | 8.570                     | 0.066                    | 0.00430                                  | 0.000282                                 |
| 11     | 2011  | 116.62   | 91.67 | 2.07      | 8.828                     | 0.086                    | 0.00739                                  | 0.000635                                 |
| Jumlah |       | 1061.506 |       | 21.79     | 85.71                     | 0.00                     | 0.04                                     | 0.00                                     |

Setelah data curah hujan diubah menjadi logaritmik, maka curah hujan rencana berdasarkan sejumlah periode ulang dapat dihitung. Dalam perhitungan ini periode ulang yang dipakai merupakan periode ulang yang umumnya digunakan dalam perencanaan suatu bangunan air yaitu 1; 2; 5; 10; 25; 50; dan 100 tahun. Perhitungan curah hujan rencana berdasarkan hasil perhitungan awal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata } (X_{rt}) &= \frac{\sum X_i}{n} \\ &= \frac{21,79}{11} \\ &= 1,98\end{aligned}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,04}{11-1}} = 0,06$$

$$\text{CS} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) S^3} = \frac{11 \times (-0,00067)}{(11-1)(11-2) 0,06^3} = -0,377$$

Dengan tahun rencana, nilai rata-rata, standar deviasi dan nilai kemencengan yang telah diketahui, maka nilai karakteristik distribusi Log Pearson (K) dapat dicari dari tabel 4.. Perlu diperhatikan bahwa nilai koefisien G pada tabel adalah nilai koefisien dari data logaritmik dalam metode Log Pearson Tipe III.

Tabel 4. 5 Nilai Karakteristik Distribusi Log Pearson Tipe III

| Koef. G | Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)  |        |        |       |       |       |       |       |  |
|---------|--|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|         | 1, 0101  | 1,2500 | 2      | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   |  |
|         | Persentase peluang terlanjur ( <i>Percent chance of being exceeded</i> ) |        |        |       |       |       |       |       |  |
|         | 99   | 80     | 50     | 30    | 20    | 10    | 5     | 2     |  |
| 3,0     | -0,467   | -0,636 | -0,396 | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,52  | 4,051 |  |
| 2,8     | -0,714   | -0,666 | -0,384 | 0,460 | 1,210 | 2,275 | 3,14  | 3,973 |  |
| 2,6     | -0,769   | -0,696 | -0,368 | 0,499 | 1,238 | 2,267 | 3,071 | 2,899 |  |
| 2,4     | -0,832   | -0,725 | -0,351 | 0,537 | 1,262 | 2,256 | 3,023 | 3,800 |  |
| 2,2     | -0,905   | -0,752 | -0,330 | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 |  |
| 2,0     | -0,990   | -0,777 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,92  | 3,605 |  |
| 1,8     | -1,087   | -0,799 | -0,282 | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,499 |  |
| 1,6     | -1,197   | -0,817 | -0,254 | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 |  |
| 1,4     | -1,118   | -0,832 | -0,225 | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 |  |
| 1,2     | -1,449   | -0,844 | -0,195 | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 |  |
| 1,0     | -1,388   | -0,852 | -0,164 | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 |  |
| 0,8     | -1,733   | -0,856 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 1,993 | 2,453 | 2,891 |  |
| 0,6     | -1,880   | -0,857 | -0,099 | 0,800 | 1,328 | 1,939 | 2,359 | 2,755 |  |
| 0,4     | -2,029   | -0,855 | -0,066 | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 |  |
| 0,2     | -2,178   | -0,850 | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 |  |
| 0,0     | -2,326   | -0,842 | 0,000  | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,051 | 2,326 |  |
| -0,2    | -2,472   | -0,830 | 0,033  | 0,860 | 1,258 | 1,676 | 1,935 | 2,178 |  |
| -0,4    | -2,615   | -0,816 | 0,066  | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 |  |
| -0,6    | -2,755   | -0,800 | 0,099  | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 |  |
| -0,8    | -2,891   | -0,780 | 0,132  | 0,856 | 1,166 | 1,448 | 1,606 | 1,733 |  |
| -1,0    | -3,022   | -0,758 | 0,164  | 0,852 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 |  |
| -1,2    | -2,149   | -0,732 | 0,195  | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 |  |
| -1,4    | -2,271   | -0,705 | 0,225  | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 |  |
| -1,6    | -2,388   | -0,675 | 0,254  | 0,817 | 0,994 | 1,116 | 1,166 | 1,197 |  |
| -1,8    | -3,499   | -0,643 | 0,282  | 0,799 | 0,945 | 1,035 | 1,069 | 1,087 |  |
| -2,0    | -3,605   | -0,609 | 0,307  | 0,777 | 0,895 | 0,959 | 0,980 | 0,990 |  |
| -2,2    | -3,705   | -0,574 | 0,330  | 0,752 | 0,844 | 0,888 | 0,900 | 0,905 |  |
| -2,4    | -3,800   | -0,537 | 0,351  | 0,725 | 0,795 | 0,823 | 0,830 | 0,832 |  |
| -2,6    | -3,889   | -0,490 | 0,368  | 0,696 | 0,747 | 0,764 | 0,768 | 0,769 |  |
| -2,8    | -3,973   | -0,469 | 0,384  | 0,666 | 0,702 | 0,712 | 0,714 | 0,714 |  |
| -3,0    | -7,051   | -0,420 | 0,396  | 0,636 | 0,660 | 0,666 | 0,666 | 0,667 |  |

-0,377

Karena nilai  $G = -0,377$  tidak ada dalam tabel 4.5 maka untuk mendapatkan nilai karakteristik perlu dilakukan interpolasi. Hasil dari proses interpolasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Interpolasi Nilai  $G = -0,377$ 

|         | Periode Ulang (tahun) |        |        |        |        |        |        |
|---------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | 1,001                 | 2      | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    |
| Koef. G | -2.5285               | 0.0581 | 0.8520 | 1.2473 | 1.6508 | 1.9012 | 2.1191 |

Setelah nilai  $G$  diketahui, maka curah hujan rencana dapat dihitung menggunakan metode Log Pearson Tipe III. Curah hujan rencana hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Hitungan Curah Hujan Rencana

| No | Tahun Rencana<br>(tahun) | R rata-rata<br>(log) | Std. Deviasi<br>(log) | Kemencengan<br>G | Peluang<br>(%) | K       | CH Rencana |        |
|----|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|----------------|---------|------------|--------|
|    |                          |                      |                       |                  |                |         | Log        | mm     |
| 1  | 1.01                     | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 99             | -2.5285 | 1.829      | 67.44  |
| 2  | 2                        | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 50             | 0.0581  | 1.984      | 96.45  |
| 3  | 5                        | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 20             | 0.8520  | 2.032      | 107.64 |
| 4  | 10                       | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 10             | 1.2473  | 2.056      | 113.69 |
| 5  | 25                       | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 4              | 1.6508  | 2.080      | 120.22 |
| 6  | 50                       | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 2              | 1.9012  | 2.095      | 124.45 |
| 7  | 100                      | 1.981                | 0.060                 | -0.377           | 1              | 2.1191  | 2.108      | 128.26 |

Contoh hitungan:

Curah hujan rencana periode ulang 25 tahun

$$\text{Peluang} = \frac{1}{n} \times 100\% = \frac{1}{25} \times 100\% = 4\%$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_{\text{Rencana}} (Y) &= \bar{Y} + k \cdot S \\ &= 1,981 + 1,6508 \times 0,060 \\ &= 2,080 \end{aligned}$$

$$\text{CH}_{\text{Rencana}} (\text{mm}) = 10^Y = 10^{2,080} = 120,22 \text{ mm}$$

#### 4.4.6 Uji kecocokan distribusi

Pada tahap ini data curah hujan wilayah dalam distribusi Log Pearson Tipe III diuji. Pengujian tersebut dilakukan untuk memastikan kecocokan distribusi Log Pearson telah mewakili distribusi statistik.

##### a. Uji Chi Kuadrat

Dengan nilai parameter statistik yang telah dihitung sebelumnya, selanjutnya seluruh data curah hujan dapat dibagi menjadi beberapa sub-grup. Sub-grup tersebut dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned} G &= 1 + (3,322(\log(n))) \\ &= 1 + (3,322(\log(11))) \\ &= 4,459 \approx 5 \end{aligned}$$

Kemudian dengan 11 data yang akan dibagi menjadi 5 sub-grup, maka jumlah nilai teoritis tiap sub-grup ( $E_i$ ) dapat dihitung seperti berikut:

$$E_i = \frac{n}{G} = \frac{11}{5} = 2,2$$

Dengan menggunakan 5 sub-grup maka interval antar sub-grup dapat dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned}\text{Selisih interval } (\Delta X) &= \frac{X_{\max} - X_{\min}}{G - 1} \\ &= \frac{2,07 - 1,88}{5 - 1} \\ &= 0,046\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta X_{\text{awal}} &= X_{\min} - \frac{1}{2} \Delta X \\ &= 1,88 - \frac{1}{2} \times 0,046 \\ &= 1,86\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta X_{\text{akhir}} &= X_{\max} + \frac{1}{2} \Delta X \\ &= 2,07 + \frac{1}{2} \times 0,046 \\ &= 2,09\end{aligned}$$

Selanjutnya, nilai derajat kebebasan distribusi dapat dihitung dengan nilai  $R = 2$ . Perhitungan nilai derajat kebebasan adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned}dk &= G - R - 1 \\ &= 5 - 2 - 1 \\ &= 2\end{aligned}$$

Adapun hasil perhitungan uji chi kuadrat ditunjukkan dalam tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Hitungan Chi Kuadrat

| Batas Kelas             | O <sub>i</sub> | E <sub>i</sub> | (O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>i</sub> |
|-------------------------|----------------|----------------|--|
| $1,86 \leq x \leq 1,90$ | 1              | 2.2            | 0,655  |
| $1,90 \leq x \leq 1,95$ | 2              | 2.2            | 0,018  |
| $1,95 \leq x \leq 2,00$ | 2              | 2.2            | 0,018  |
| $2,00 \leq x \leq 2,04$ | 3              | 2.2            | 0,291  |
| $2,04 \leq x \leq 2,09$ | 3              | 2.2            | 0,291  |
| Jumlah                  | 11             | 11             | 1,273  |

Dengan hasil hitungan pada tabel 4.8, diketahui nilai uji chi kuadrat sebesar 1,273. Dengan nilai derajat kebebasan (dk) = 2 dan ditentukan galat ( $\alpha$ ) maksimal terjadi pada 5% maka didapat nilai derajat kepercayaan berdasarkan tabel 2.2 sebesar 5,991. Dari nilai hitungan uji chi kuadrat yang lebih kecil dari nilai derajat kepercayaan pada tabel maka dapat disimpulkan jika metode Log Pearson tipe III dapat mewakili distribusi data curah hujan yang dianalisis.

b. Uji Smirnof-Kolmogorov

Kecocokan distribusi terhadap data curah hujan juga diuji menggunakan metode Smirnof-kolmogorov. Dengan 11 data, dan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5% maka berdasarkan tabel 2.7 diketahui nilai kritis ( $D_0$ ) = 0,41. Adapun hasil perhitungan pengujian tersebut ditunjukkan dalam tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Hitungan Uji Smirnof-Kolmogorov

| m | Log X | P <sub>(x)</sub> | S <sub>n</sub> (X) | Z-score | F <sub>(x)</sub> | P <sub>(x)</sub> -F <sub>(x)</sub> |
|---|-------|------------------|--------------------|---------|------------------|------------------------------------|
| 1 | 1.88  | 0.091            | -1.650             | -1.650  | 0.050            | 0.041                              |
| 2 | 1.90  | 0.182            | -1.401             | -1.401  | 0.081            | 0.101                              |
| 3 | 1.93  | 0.273            | -0.828             | -0.828  | 0.204            | 0.069                              |
| 4 | 1.95  | 0.364            | -0.544             | -0.544  | 0.293            | 0.070                              |



Lanjutan Tabel 4.9

| m                | Log X | P <sub>(x)</sub> | S <sub>n</sub> (X) | Z-score | F <sub>(x)</sub> | P <sub>(x)</sub> -F <sub>(x)</sub> |
|------------------|-------|------------------|--------------------|---------|------------------|------------------------------------|
| 5                | 1.98  | 0.455            | -0.095             | -0.095  | 0.462            | 0.007                              |
| 6                | 2.00  | 0.545            | 0.393              | 0.393   | 0.653            | 0.107                              |
| 7                | 2.01  | 0.636            | 0.450              | 0.450   | 0.674            | 0.037                              |
| 8                | 2.00  | 0.727            | 0.395              | 0.395   | 0.654            | 0.074                              |
| 9                | 2.03  | 0.818            | 0.758              | 0.758   | 0.776            | 0.043                              |
| 10               | 2.05  | 0.909            | 1.092              | 1.092   | 0.863            | 0.047                              |
| 11               | 2.07  | 1                | 1.431              | 1.431   | 0.924            | 0.076                              |
| Rata-rata        | 1.981 |                  |                    |         |                  |                                    |
| S                | 0.060 |                  |                    |         |                  |                                    |
| D <sub>max</sub> |       |                  |                    |         |                  | 0.11                               |

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui jika  $D_{\max} < D_o$ , sehingga distribusi curah hujan dengan metode Log Pearson Tipe III diterima.

## 4.5 Analisis Curah Hujan Rencana

### 4.5.1 Periode Ulang

Pada tahun 2014, tercatat penduduk Kabupaten Gresik sebanyak 1.319.314 jiwa (BPS Kabupaten Gresik, 2015). Dengan kondisi tersebut maka berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014, Kabupaten Gresik sejajar dengan kota metropolitan. Selain itu, DAS Kali Lamong yang melintasi Kabupaten Gresik memiliki luas daerah tangkapan air sebesar  $\pm 720 \text{ km}^2$  atau 72.000 Ha. Dari kedua informasi tersebut, maka dapat ditentukan periode ulang yang digunakan adalah 10 – 25 tahun. Dalam tugas akhir ini dipilih periode ulang 25 tahun untuk menganalisis curah hujan rencana.

#### 4.5.2 Intensitas Hujan

Data yang didapat untuk mengerjakan tugas akhir ini berupa data curah hujan harian, sehingga intensitas hujan tiap jam dihitung menggunakan rumus Mononobe. Dengan asumsi hujan yang terjadi di DAS Kali Lamong tidak lebih dari 5 jam, maka intensitas hujan dapat dihitung seperti berikut:

$$R_{t1}=0,167.R_{24} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,49.R_{24}$$

$$R_{t2}=0,167.R_{24} \times \left(\frac{5}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,31.R_{24}$$

$$R_{t3}=0,167.R_{24} \times \left(\frac{5}{3}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,23.R_{24}$$

$$R_{t4}=0,167.R_{24} \times \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,19.R_{24}$$

$$R_{t5}=0,167.R_{24} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,17.R_{24}$$

Setelah nilai rata-rata hujan sampai jam tertentu diketahui, selanjutnya perhitungan tinggi hujan dihitung seperti berikut:

$$RT_1=1 \times 0,55R_{24} - (1-1) \times 0,00 \quad R_{24}=0,49R_{24}$$

$$RT_2=2 \times 0,35R_{24} - (2-1) \times 0,55 \quad R_{24}=0,13R_{24}$$

$$RT_3=3 \times 0,27R_{24} - (3-1) \times 0,35 \quad R_{24}=0,09R_{24}$$

$$RT_4=4 \times 0,22R_{24} - (4-1) \times 0,27 \quad R_{24}=0,07R_{24}$$

$$RT_5=5 \times 0,19R_{24} - (5-1) \times 0,22 \quad R_{24}=0,06R_{24}$$

Dengan nilai RT sebagai rasio, maka intensitas hujan tiap jam dapat dihitung. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan tiap Jam

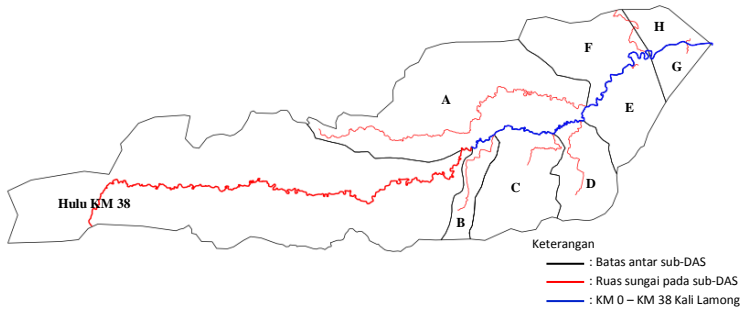
| Waktu (jam)           | Rasio | Intensitas Hujan 25 Tahunan |
|-----------------------|-------|-----------------------------|
|                       |       | (mm/jam)                    |
| 0 - 1                 | 0.488 | 30.12                       |
| 1 - 2                 | 0.127 | 7.83                        |
| 2 - 3                 | 0.089 | 5.49                        |
| 3 - 4                 | 0.071 | 4.37                        |
| 4-5                   | 0.060 | 3.69                        |
| Hujan Efektif Re (mm) |       | 47.80                       |
| Koefisien Pengaliran  |       | 0.51                        |
| Hujan Harian Rt (mm)  |       | 120.22                      |

Nilai intensitas hujan tiap jam pada tabel 4.10 selanjutnya digunakan sebagai faktor pengali terhadap nilai unit hidrograf pada perhitungan hidrograf sintetis Nakayasu. Pembahasan lebih rinci tentang hal tersebut dapat dilihat pada sub-bab 4.5.3.

#### 4.5.3 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Untuk menghitung hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu dibutuhkan data berupa luas *catchment area*. Dalam tugas akhir ini, digunakan peta DAS Kali Lamong untuk mencari luas *catchment area* tersebut. Adapun *catchment area* tersebut dibagi menjadi 9 sub-DAS. Dibaginya DAS Kali Lamong disebabkan penyesuaian pemodelan Kali Lamong terhadap *inflow* dari anak sungai Kali Lamong.

Karena keterbatasan data penampang melintang sungai yang hanya mencapai 38 km, maka area hulu Kali Lamong sampai KM 103 diasumsikan menjadi satu sub DAS. Sub-DAS hulu KM38 dan yang lainnya pada DAS Kali Lamong dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Pembagian Sub-DAS Kali Lamong

Dari hasil plot sub-DAS terhadap DAS Kali Lamong pada gambar 4.8, panjang ruas Kali Lamong pada masing-masing sub-DAS serta luas sub-DAS dapat diketahui. Adapun panjang ruas sungai tiap sub-DAS yang mengalir ke Kali Lamong serta luas masing-masing sub-DAS dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Luas Sub-DAS dan Panjang Sungai pada Sub-DAS Tersebut

| Sub-DAS    | Luas<br>(Km <sup>2</sup> ) | Panjang Sungai di<br>Sub-DAS (Km) |
|------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Hulu KM 38 | 326.04                     | 63.97                             |
| A          | 153.85                     | 41.46                             |
| B          | 18.48                      | 10.32                             |
| C          | 58.90                      | 7.14                              |
| D          | 39.14                      | 9.93                              |
| E          | 41.42                      | 1.02                              |
| F          | 51.32                      | 8.10                              |
| G          | 13.71                      | 1.18                              |
| H          | 17.16                      | 0.69                              |

Setelah luas tiap sub-DAS dan panjang sungai di sub-DAS tersebut diketahui, maka parameter HSS Nakayasu dapat dihitung. Sebagai contoh perhitungan, dipaparkan perhitungan

HSS Nakayasu untuk sub-DAS Hulu KM 38, adapun perhitungan HSS Nakayasu untuk sub-DAS lainnya dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan definisi hidrograf satuan sintetis pada sub bab 2.3.3 maka nilai  $R_0$  untuk perhitungan unit hidrograf ditentukan sebesar 1 mm. Adapun nilai koefisien pengaliran (C) sebesar 0,5 karena di daerah sekitar Kali Lamong saat ini memiliki banyak perumahan berkelompok (Kodoatie & Sjarief, 2010). Selain itu, nilai koefisien pembanding ( $\alpha$ ) dipilih sebesar 3 dengan asumsi debit banjir (kurva naik) pada hidrograf terjadi secara cepat dan surut (kurva turun) terjadi dalam waktu lambat. Dengan demikian maka perhitungan parameter HSS Nakayasu sub-DAS hulu KM 38 dapat dilakukan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 T_g &= 0,4 + (0,058L) \\
 &= 0,4 + (0,058 \times 63,97) \\
 &= 4,11 \text{ jam} \\
 T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\
 &= 3 \times 4,11 \\
 &= 12,33 \\
 \alpha_2 &= 24,66 \text{ jam} \\
 \alpha_{1,5} &= 18,5 \text{ jam} \\
 \alpha_3 &= 36,99 \text{ jam} \\
 \text{Satuan waktu hujan} \\
 T_r &= 0,5 T_g > \alpha > T_g \\
 &= 2,06 > T_r > 4,11 \\
 T_p &= T_g + 0,8 T_r \\
 &= 4,11 + (0,8 \times 2,06) \\
 &= 5,75 \\
 T_p + T_{0,3} &= 5,75 + 12,33 \\
 &= 18,09 \text{ jam} \\
 Q_p &= \frac{C \times A \times R_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{0,51 \times 326,04 \times 1}{3,6 (0,3 \times 5,75 + 12,33)} \\
 &= 8,79 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, unit hidrograf ditentukan berdasarkan interval waktu dan parameter sehingga menghasilkan kurva naik dan turun di dalamnya. Pada kondisi kurva naik digunakan interval waktu  $0 < t < T_p$ . Dari hasil perhitungan, diketahui interval waktu yang digunakan adalah  $0 < t < 5,75$  jam. Hasil hitungan ditunjukkan pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Perhitungan Unit Hidrograf saat Kurva Naik

| Waktu | Ordinat Kurva Naik $0 < t < T_p$ |                  |                |
|-------|----------------------------------|------------------|----------------|
|       | T/T <sub>p</sub>                 | t-T <sub>p</sub> | Q <sub>p</sub> |
| 0.00  | 0.00                             | -5.75            | 0.00           |
| 1.00  | 0.17                             | -4.75            | 0.13           |
| 2.00  | 0.35                             | -3.75            | 0.70           |
| 3.00  | 0.52                             | -2.75            | 1.84           |
| 4.00  | 0.70                             | -1.75            | 3.67           |
| 5.00  | 0.87                             | -0.75            | 6.27           |
| 5.75  | 1.00                             | 0.00             | 8.79           |

Jika unit hidrograf saat kurva naik hanya dihitung dalam satu interval, maka berbeda halnya dengan saat kurva turun. Unit hidrograf pada kondisi kurva turun terdiri dari 3 sub interval yang berbeda, diantaranya:

- Interval  $0 \leq t \leq (T_p + T_{0.3})$

Berdasarkan hasil perhitungan parameter, diketahui rentang waktu pada sub interval ini adalah  $0 < t < 18,09$  jam. Hasil hitungan sub interval ini ditunjukkan pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Perhitungan Unit Hidrograf Kurva Turun dengan Interval Waktu 0 jam &lt; t &lt; 18,09 jam

| Waktu | Ordinat Kurva Turun Selang $0 \leq t \leq (T_p + T_{0.3})$ |                  |                                       |                |
|-------|--|------------------|---------------------------------------|----------------|
|       | T/T <sub>p</sub>   | t-T <sub>p</sub> | (t-T <sub>p</sub> )/ T <sub>0.3</sub> | Q <sub>p</sub> |
| 6.00  | 1.04   | 0.25             | 0.02                                  | 8.58           |
| 7.00  | 1.22   | 1.25             | 0.10                                  | 7.78           |
| 8.00  | 1.39   | 2.25             | 0.18                                  | 7.06           |
| 9.00  | 1.56   | 3.25             | 0.26                                  | 6.40           |
| 10.00 | 1.74   | 4.25             | 0.34                                  | 5.81           |
| 11.00 | 1.91   | 5.25             | 0.43                                  | 5.27           |
| 12.00 | 2.09   | 6.25             | 0.51                                  | 4.78           |
| 13.00 | 2.26   | 7.25             | 0.59                                  | 4.33           |
| 14.00 | 2.43   | 8.25             | 0.67                                  | 3.93           |
| 15.00 | 2.61   | 9.25             | 0.75                                  | 3.56           |
| 16.00 | 2.78   | 10.25            | 0.83                                  | 3.23           |
| 17.00 | 2.95   | 11.25            | 0.91                                  | 2.93           |
| 18.00 | 3.13   | 12.25            | 0.99                                  | 2.66           |
| 18.09 | 3.14   | 12.33            | 1.00                                  | 2.64           |

- Interval  $(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3})$

Pada sub interval ini, rentang waktu berdasarkan hasil perhitungan adalah 18,09 jam < t < 36,58 jam. Hasil hitungan pada sub interval ini dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Perhitungan Unit Hidrograf Kurva Turun dengan Interval Waktu 18,09 jam &lt; t &lt; 36,58 jam

| Waktu | Ordinat Kurva Turun Selang $t > (T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3})$ |                  |   |                |
|-------|---|------------------|---|----------------|
|       | T/T <sub>p</sub>  | t-T <sub>p</sub> | $(t - T_p + 0.5 \cdot T_{0.3}) / 1.5 \cdot t_{0.3}$ | Q <sub>p</sub> |
| 19.00 | 3.30  | 13.25            | 1.049   | 2.485          |
| 20.00 | 3.48  | 14.25            | 1.104   | 2.328          |
| 21.00 | 3.65  | 15.25            | 1.158   | 2.181          |
| 22.00 | 3.82  | 16.25            | 1.212   | 2.044          |

Lanjutan Tabel 4.14

| Waktu | Ordinat Kurva Turun Selang $t > (Tp+T_{0.3}+1.5T_{0.3})$ |       |                                  |       |
|-------|--|-------|----------------------------------|-------|
|       | T/Tp   | t-Tp  | $(t-Tp+0.5.T_{0.3})/1.5*t_{0.3}$ | Qp    |
| 23.00 | 4.00   | 17.25 | 1.266                            | 1.915 |
| 24.00 | 4.17   | 18.25 | 1.320                            | 1.794 |
| 25.00 | 4.34   | 19.25 | 1.374                            | 1.681 |
| 26.00 | 4.52   | 20.25 | 1.428                            | 1.575 |
| 27.00 | 4.69   | 21.25 | 1.482                            | 1.476 |
| 28.00 | 4.87   | 22.25 | 1.536                            | 1.383 |
| 29.00 | 5.04   | 23.25 | 1.590                            | 1.296 |
| 30.00 | 5.21   | 24.25 | 1.644                            | 1.214 |
| 31.00 | 5.39   | 25.25 | 1.698                            | 1.138 |
| 32.00 | 5.56   | 26.25 | 1.752                            | 1.066 |
| 33.00 | 5.73   | 27.25 | 1.806                            | 0.999 |
| 34.00 | 5.91   | 28.25 | 1.860                            | 0.936 |
| 35.00 | 6.08   | 29.25 | 1.914                            | 0.877 |
| 36.00 | 6.26   | 30.25 | 1.969                            | 0.822 |

- Interval  $t > (Tp+T_{0.3}+1.5T_{0.3})$

Pada sub-interval ini diketahui tenggang waktunya adalah  $t > 36,58$  jam. Adapun pada sub interval ini batas waktu ditentukan sampai jam 40,00. Hasil hitungan pada sub-interval ini dipaparkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Perhitungan Unit Hidrograf Kurva Turun dengan Interval Waktu  $t > 36,58$  jam

| Waktu | Ordinat Kurva Turun Selang $t > (Tp+T_{0.3}+1.5T_{0.3})$ |       |                                  |       |
|-------|--|-------|----------------------------------|-------|
|       | T/Tp   | t-Tp  | $(t-Tp+0.5.T_{0.3})/1.5*t_{0.3}$ | Qp    |
| 37.00 | 6.43   | 31.25 | 2.017                            | 0.775 |
| 38.00 | 6.60   | 32.25 | 2.057                            | 0.738 |
| 39.00 | 6.78   | 33.25 | 2.098                            | 0.703 |
| 40.00 | 6.95   | 34.25 | 2.139                            | 0.670 |



Hasil perhitungan unit hidrograf pada kondisi kurva naik dan turun kemudian dapat digunakan untuk menghitung hidrograf sintesis satuan. Nilai unit hidrograf tiap jam selama 24 jam dikalikan dengan besarnya intensitas hujan berdasarkan durasi hujan yang telah dihitung pada sub bab 2.4.2. Hasil perhitungan tersebut menjadi debit banjir yang terjadi pada tiap jam. Setelah debit banjir tiap jam diketahui, maka debit banjir total bisa dihitung dengan menjumlahkan seluruh debit banjir pada kelima durasi hujan dengan jam yang sama. Contoh perhitungan HSS Nakayasu sub-DAS KM 38 adalah seperti berikut:

Debit banjir total pada jam ke-7

$$Q_t = UH_7 \times I_{7_{0-1}} + UH_6 \times I_{7_{1-2}} + UH_5 \times I_{7_{2-3}} + UH_4 \times I_{7_{3-4}} + UH_3 \times I_{7_{4-5}}$$

$$Q_t = 7,78 \times 30,12 + 8,58 \times 7,83 + 6,27 \times 5,49 + 3,67 \times 4,37 + 1,84 \times 3,69$$

$$= 358,88 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Selanjutnya, debit banjir total yang telah dihitung ditambah dengan debit *baseflow* ( $Q_b$ ). Penambahan tersebut ditujukan untuk mendapatkan kondisi debit Kali Lamong yang mendekati keadaan sebenarnya. Adapun *baseflow* dihitung seperti berikut:

$$Q_b = 0,4751 \times A^{0,6444} \times \left(\frac{L}{A}\right)^{0,94}$$

$$Q_b = 0,4751 \times 720^{0,6444} \times \left(\frac{103}{720}\right)^{0,94}$$

$$Q_b = 5,27 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan *baseflow* yang telah diketahui, maka perhitungan debit banjir pada hidrograf menjadi seperti berikut:

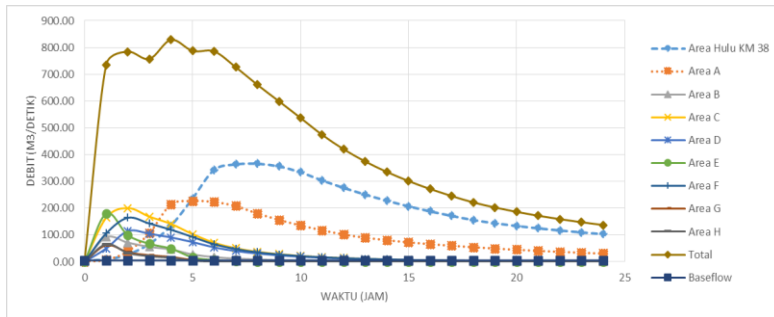
$$Q_{t \text{ jam ke-7}} = Q_t + Q_b$$

$$= 358,88 + 5,27$$

$$= 364,15 \text{ m}^3/\text{detik}$$



Setelah besarnya debit banjir diketahui, maka kurva hidrograf satuan sintesis dapat digambar. Kurva hidrograf tiap sub-DAS ditunjukkan dalam gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Kurva HSS Nakayasu tiap sub-DAS

Selain menunjukkan bentuk kurva dari hasil perhitungan HSS Nakayasu, gambar 4.9 juga dijadikan acuan untuk memastikan benar atau tidaknya nilai koefisien pembanding ( $\alpha$ ). Pada gambar 4.9 ditunjukkan jika debit banjir (kurva naik) pada hidrograf terjadi secara cepat kemudian surut (kurva turun) dalam waktu lambat. Dengan demikian asumsi nilai  $\alpha = 3$  dalam perhitungan HSS Nakayasu untuk sub-DAS hulu KM 38 dinilai tepat.

#### 4.6 Analisis Hidraulis Sungai

Dalam tugas akhir ini, kondisi eksisting Kali Lamong dianalisis menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui kemampuan hidraulis Kali Lamong dalam mengalirkan debit banjir rencana. Data geometri sungai dari KM 0 – KM 38 dimodelkan, selanjutnya data debit banjir yang didapat dari hasil perhitungan HSS Nakayasu dimasukkan untuk disimulasikan. Selain data geometri dan debit banjir, simulasi juga dilakukan atas beberapa batasan kondisi diantaranya:

- Analisis *unsteady flow* digunakan untuk menyimulasikan kondisi aliran debit banjir di Kali Lamong yang telah

dimodelkan dalam HEC-RAS. Analisis *unsteady flow* dipilih karena kondisi aliran (kecepatan, kedalaman, dan debit) yang disimulasikan berubah terhadap waktu. Hal tersebut ditunjukkan dengan dipakainya HSS Nakayasu sebagai masukan debit banjir yang dialirkan oleh Kali Lamong. Dalam HSS Nakayasu tersebut, debit banjir selalu berubah dari jam ke jam. Selain itu, perbedaan kondisi penampang dan elevasi dasar sungai di tiap titik potongan melintang dapat menyebabkan munculnya perbedaan energi serta kecepatan aliran pada suatu titik dengan titik lainnya.

- Nilai koefisien Manning yang digunakan adalah 0,05. Nilai tersebut dipilih karena berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, diketahui jika kondisi Kali Lamong termasuk dalam kategori sungai alami dengan dasar yang cukup halus, berkelok, dan ditumbuhi rerumputan. Adapun angka tersebut diambil dari tabel nilai koefisien yang tercantum pada *Reference Manual* HEC-RAS seperti ditunjukkan dalam tabel 4.17.

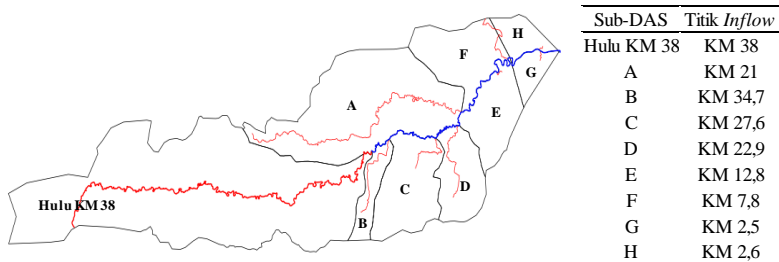
Tabel 4. 17 Nilai Koefisien Manning

| Jenis Saluran  | Minimum | Normal | Maksimum |
|--|---------|--------|----------|
| Permukaan halus,<br>berkelok-kelok,<br>ditumbuhi rerumputan<br>dan sedikit berbatu | 0,035   | 0,045  | 0,050    |

(Sumber: a.C.E., 2010)

Dalam hal ini digunakan nilai maksimum karena Kali Lamong memiliki banyak kelokan serta rumput ilalang yang tumbuh hampir di sepanjang tepian sungai.

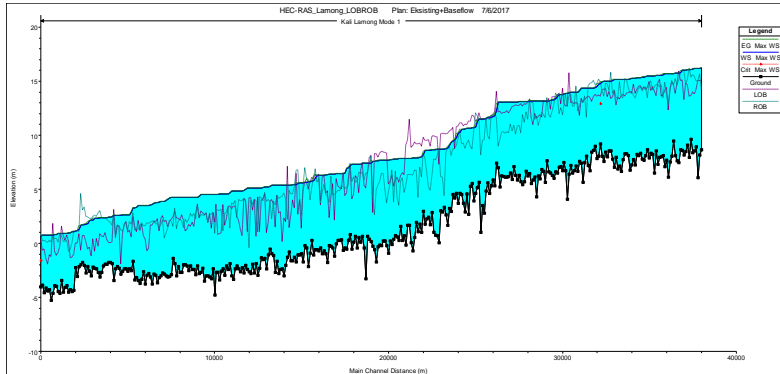
- Titik *inflow* debit banjir rencana dari tiap sub-DAS terhadap Kali Lamong dipilih berdasarkan hasil plot. Adapun titik inflow tersebut ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Titik Inflow Debit Banjir dari Sub-DAS ke Kali Lamong

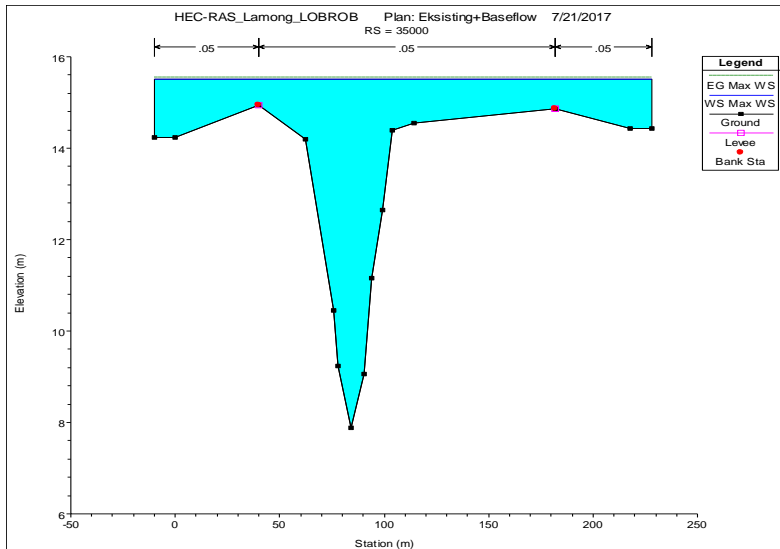
Dalam proses memasukkan data debit HSS Nakayasu dari sub-DAS ke Kali Lamong digunakan *Boundary Conditions* berupa *Flow Hydrograph* untuk sub-DAS hulu KM 38 dan *Lateral Inflow Hydrograph* untuk sub-DAS A-H. *Flow hydrograph* dipilih untuk sub-DAS hulu KM 38 karena debit pada sub-DAS tersebut dialirkan secara menerus dari titik hulu menuju ruas hilir Kali Lamong yang ditinjau. *Lateral inflow* dipilih karena debit dari sub-DAS A-H mengalir secara lateral (dari sungai dalam sub-DAS yang berada di samping Kali Lamong masuk Kali Lamong) pada titik tertentu di ruas Kali Lamong yang ditinjau. Pada hilir Kali Lamong (KM 0) digunakan *Stage Hydrograph*. Penggunaan kondisi tersebut karena data elevasi muka air yang terjadi dapat dimasukkan sebagai data untuk dianalisis. Dengan demikian, data elevasi muka air pasang maksimum setinggi +0,67 yang didapat dari hasil survei lapangan dapat digunakan untuk mengetahui jika terjadi *backwater* di hilir Kali Lamong. Adapun dalam pengukuran tinggi muka air pasang maksimum diasumsikan jika titik *benchmark* antara data penampang melintang yang digunakan dan elevasi tanggul TPA Romokalisari adalah sama.

Setelah data dimasukkan, Kali Lamong dianalisis dengan menggunakan program bantu HEC-RAS. Berdasarkan hasil simulasi, diketahui bahwa hampir di semua titik elevasi muka air Kali Lamong berada di atas elevasi tanggul atau permukaan sempadannya seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Profil Memanjang Kali Lamong dengan Simulasi Debit Berperiode Ulang 25Tahun

Sebagai contoh adalah KM 35 muka air banjir berada pada elevasi +15,5 sedangkan elevasi tertinggi tepi sungai bagian kiri berada pada +14,94 dan +14,86 pada tepi sungai bagian kanan seperti ditunjukkan dalam gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Hasil Simulasi  $Q_{25}$  menggunakan HEC-RAS 4.1 Terhadap Profil Kali Lamong KM 35

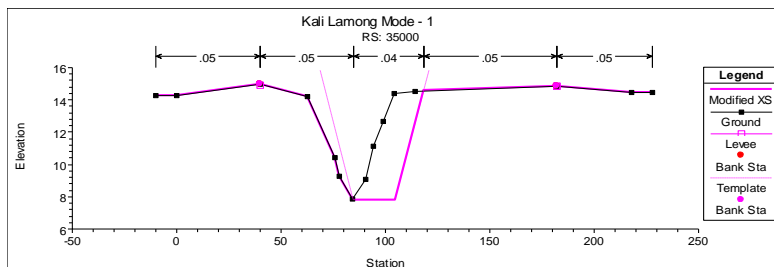
Dengan demikian, dapat disimpulkan jika dalam kondisi eksisting Kali Lamong tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya pengendalian banjir untuk mengatasi luapan dari Kali Lamong.

## 4.7 Perencanaan Analisis Pengendalian Banjir

### 4.7.1 Alternatif 1

Alternatif pertama yang digunakan dalam pengendalian banjir Kali Lamong adalah normalisasi penampang sungai. Dalam alternatif ini tepi palung sungai yang menjadi batas antara sungai dengan daratan tidak diubah. Dengan demikian luas penampang sungai dapat dimaksimalkan dan lebar sungai bisa tetap seperti kondisi eksisting sehingga pembebasan lahan yang dilakukan sangat minim. Pada alternatif ini profil eksisting Kali Lamong yang asimetris didesain dengan penampang baru berbentuk trapezium. Lebar dasar sungai direncanakan sebesar 20 – 70 meter yang disesuaikan dengan kondisi lahan.

Kemiringan sisi penampang baru direncanakan sebesar 1:2. Dengan kemiringan sebesar itu diasumsikan penampang sungai tetap stabil dari longsor saat mengalirkan debit banjir rencana. Adapun lebar dasar sungai rencana ditentukan berdasarkan ketersediaan lahan di tepi sungai yang bebas dari perumahan maupun lahan milik warga. Contoh normalisasi penampang sungai di KM 35 pada alternatif 1 ditunjukkan dalam gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Contoh normalisasi penampang sungai di KM 35 pada alternatif 1

#### 4.7.2 Alternatif 2

Pada alternatif 2, titik penampang Kali Lamong dibagi menjadi beberapa segmen, digunakan pengerukan dasar sungai untuk meningkatkan kemampuan Kali Lamong dalam mengalirkan debit banjir rencana. Dalam hal ini, Kali Lamong dibagi menjadi 7 segmen dengan elevasi dasar sungai yang ditentukan berdasarkan kemiringan dasar sungai rencana. Kemiringan dasar sungai tiap segmen ditunjukkan dalam tabel 4.18 dan profil memanjang seluruh segmen tersebut ditunjukkan pada lampiran.

Tabel 4. 18 Kemiringan Dasar Sungai Rencana

| Segmen            | Kemiringan Dasar Sungai Rencana |
|-------------------|---------------------------------|
| KM 38 – KM 31,2   | 0,0003                          |
| KM 31,1 – KM 25,5 | 0,0004                          |
| KM 25,4 – KM 22,9 | 0,0007                          |
| KM 22,8 – KM 18,8 | 0,0005                          |
| KM 18,7 – KM 10,2 | 0,0003                          |
| KM 10,1 – KM 1,9  | 0,0002                          |
| KM 1,8 – KM 0     | 0,0002                          |

Selain itu, lebar rencana untuk dasar sungai dibuat lebih teratur dengan pembagian ke dalam beberapa segmen seperti ditunjukkan dalam tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Lebar Dasar Sungai Rencana

| Ruas Sungai       | Lebar Dasar Sungai Rencana |
|-------------------|----------------------------|
| KM 38 – KM 31,2   | 20 meter                   |
| KM 31,1 – KM 25,5 | 20 meter                   |
| KM 25,4 – KM 22,9 | 20 meter                   |
| KM 22,8 – KM 18,8 | 25 meter                   |
| KM 18,7 – KM 10,2 | 30 meter                   |
| KM 10,1 – KM 1,9  | 35 meter                   |
| KM 1,8 – KM 0     | 40 meter                   |



#### 4.7.3 Alternatif 3

Dalam alternatif 3 normalisasi penampang sungai, dan pengerukan dasar sungai ditambah dengan tanggul penahan banjir pada bagian tepi sungai. Tanggul penahan banjir didesain dengan dua jenis material yaitu *concrete sheet pile* dan tanah urug. Tanggul direncanakan menggunakan *concrete sheet pile* pada bagian tepi sungai dan diperkuat dengan timbunan tanah setinggi tanggul rencana. Concrete sheet pile dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan diantaranya:

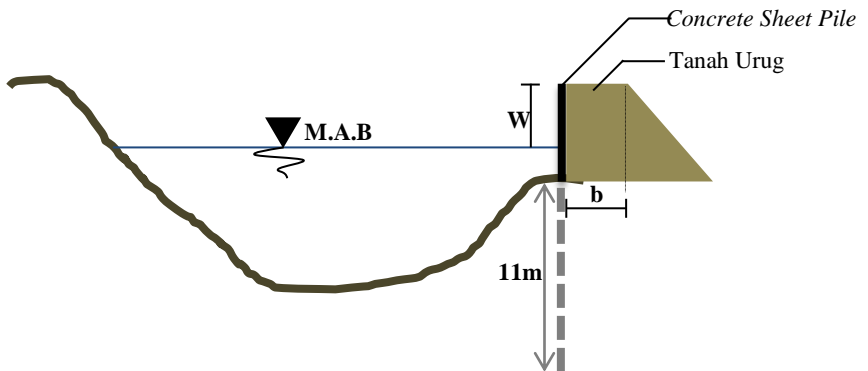
- Relatif lebih aman dari ancaman kerusakan akibat zat kimia yang terkandung dalam air
- Tidak memerlukan ruang yang besar jika digunakan sebagai *retaining wall* untuk tanggul
- Dengan permukaan CSP yang lebih halus dari permukaan tanah, maka nilai koefisien manning bisa lebih kecil dan meningkatkan kemampuan sungai dalam mengalirkan debit air
- Potensi tergerusnya tanggul lebih minim jika dibanding tanggul urugan tanah
- Proses sedimentasi dapat diminimalisir karena gerusan air terhadap tanggul tidak membawa material tanggul itu sendiri seperti pada tanggul tanah urugan.

Selain *concrete sheet pile*, tanah urug dipilih sebagai material kedua tanggul karena memiliki sejumlah keunggulan diantaranya:

- Sebagai penutup celah pada *concrete sheet pile* yang berpotensi menimbulkan kebocoran
- Memenuhi syarat kebutuhan lebar mercu untuk kebutuhan pengelola wilayah sungai dalam melakukan inspeksi dan pemeliharaan tanggul

Dengan debit puncak yang dialirkan Kali Lamong dari KM 38 – KM 0 sebesar 1514,587 m<sup>3</sup>/detik maka berdasarkan tabel 2.5

dan 2.6 maka dimensi rencana lebar mercu tanggul (b) adalah 4 meter dengan tinggi jagaan (W) sebesar 1 meter. Selain itu, tanggul penahan banjir direncanakan memiliki tinggi maksimum 3 meter. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi kemungkinan jebolnya tanggul dan menimbulkan daya rusak yang besar terhadap area sekitar. Kemiringan sisi tanggul urugan sebesar 1:1 dengan asumsi sisi tanggul cukup stabil dari longsor. Selain itu, kedalaman rencana *concrete sheet pile* adalah 11 m dengan asumsi *concrete sheet pile* cukup stabil dalam menahan beban lateral tanggul dan kondisi tanah cukup stabil dari amblasan. Adapun kombinasi dari kedua material tersebut ditunjukkan pada contoh desain tanggul dalam gambar 4.16.



Gambar 4. 14 Ilustrasi Bentuk Tanggul Penahan Banjir

#### 4.7.4 Alternatif 4

Alternatif 4 dibuat berdasarkan hasil analisis dari alternatif 3. Dalam alternatif 4 ini tinggi tanggul rencana tidak dibatasi namun disesuaikan terhadap tinggi muka air banjir. Dengan demikian diharapkan debit banjir dengan periode ulang 25 tahun dapat dialirkan dengan baik oleh Kali Lamong tanpa menimbulkan banjir.

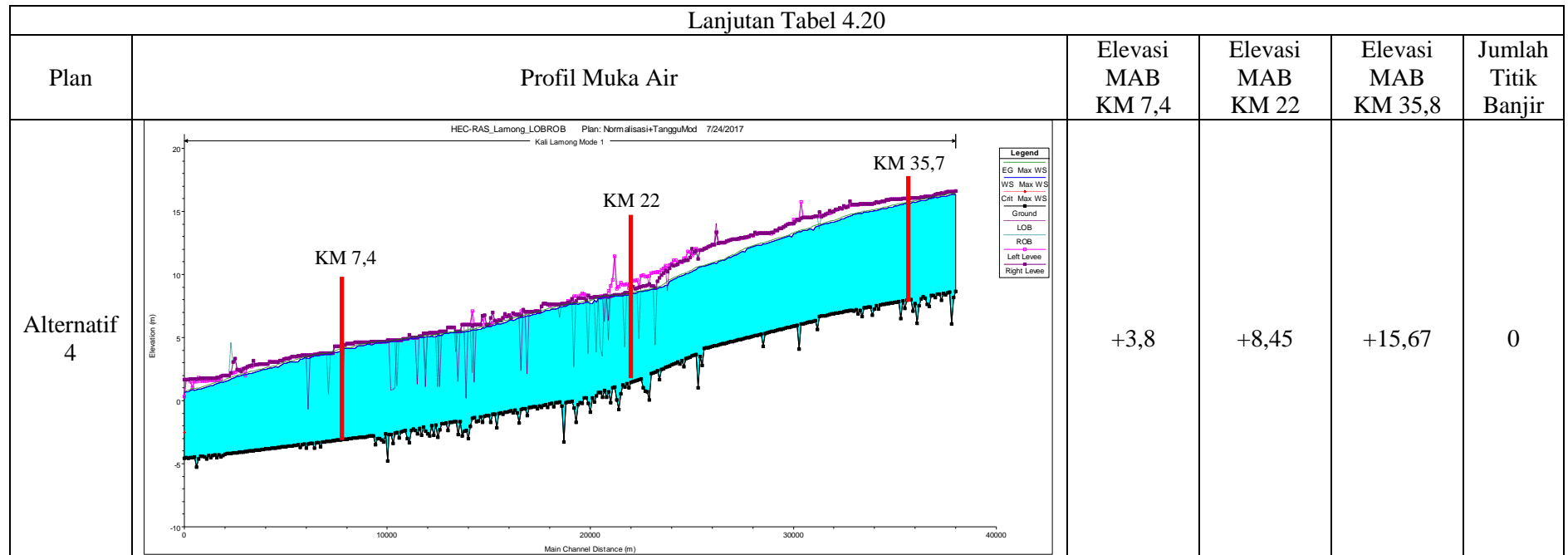
#### **4.8 Hasil Analisis Pengendalian Banjir**

Analisis menggunakan program bantu HEC-RAS dilakukan berdasarkan sejumlah pertimbangan dalam tiap alternatif. Dalam proses simulasi, digunakan analisis dengan *unsteady flow* yang terjadi dalam 24 jam. Selanjutnya, hasil analisis dari HEC-RAS tiap alternatif dibandingkan satu sama lain terhadap kondisi eksisting dengan tiga titik patokan yaitu di hulu, tengah dan hilir Kali Lamong. Titik patokan tersebut berada pada KM 7,4 untuk area hilir, KM 22 untuk area tengah, dan KM 35,8 untuk area hulu. Perbandingan dari satu alternatif terhadap alternatif lainnya meliputi profil muka air, elevasi muka air banjir dan jumlah titik genangan. Perbandingan hasil analisis pengendalian banjir ditunjukkan dalam tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Perbandingan Kondisi Tiap Alternatif terhadap Kali Lamong

| Plan            | Profil Muka Air | Elevasi<br>MAB<br>KM 7,4 | Elevasi<br>MAB<br>KM 22 | Elevasi<br>MAB<br>KM 35,8 | Jumlah<br>Titik<br>Banjir |
|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Eksisting       |                 | +4,18                    | +8,20                   | +15,70                    | 364                       |
| Alternatif<br>1 |                 | +3,17                    | +7,23                   | +14,33                    | 301                       |

| Lanjutan Tabel 4.20 |                 |                          |                         |                           |                           |
|---------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Plan                | Profil Muka Air | Elevasi<br>MAB<br>KM 7,4 | Elevasi<br>MAB<br>KM 22 | Elevasi<br>MAB<br>KM 35,8 | Jumlah<br>Titik<br>Banjir |
| Alternatif<br>2     |                 | +2,80                    | +7,60                   | +15,03                    | 319                       |
| Alternatif<br>3     |                 | +3,83                    | +8,45                   | +15,87                    | 43                        |



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui jika dari keempat alternatif terpilih alternatif 4 sebagai pilihan yang mampu mengatasi banjir. Namun, perlu dipertimbangkan faktor keamanan tanggul terhadap longsor karena ketinggian tanggul di sejumlah berkisar 3 – 5 meter. Jika tanggul dengan dimensi rencana dapat dirancang dengan struktur khusus yang aman dari longsor maka alternatif 4 dapat diaplikasikan di lapangan.

Selain itu, alternatif 1 menjadi pilihan dengan penurunan muka air banjir terbesar dibanding alternatif lainnya. Tetapi perlu diketahui jika dengan lebar rencana yang digunakan memerlukan pembebasan lahan yang lebih banyak dibanding alternatif lainnya. Lebar rencana yang variatif juga lebih sulit dilaksanakan jika dibandingkan dengan alternatif lain yang lebih teratur.

Dari keempat alternatif, alternatif 3 dianggap relatif lebih aman dari longsor karena tinggi tanggul penahan banjir setinggi 1 – 3 meter. Selain itu penurunan jumlah titik banjir cukup banyak yaitu dari kondisi eksisting sebanyak 364 titik menjadi 43 titik. Namun, dengan adanya sisa 43 titik banjir maka diperlukan alternatif lain seperti pengadaan waduk atau *boezem* untuk menambah kapasitas Kali Lamong sehingga luapan banjir dapat diatasi. Sedangkan, perencanaan waduk atau *boezem* tidak dibahas dalam tugas akhir ini. Dengan demikian, dapat disimpulkan jika desain normalisasi penampang sungai dan penambahan tanggul penahan banjir cukup berpengaruh dalam mereduksi debit banjir.



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap kondisi Kali Lamong khususnya KM 0 - 38, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan menggunakan data curah hujan harian pada stasiun pencatat Cerme, Benjeng, Menganti, Balongpanggang, Gedeg, Kabuh, Ngimbang dan Sembung, diketahui curah hujan harian di DAS Kali Lamong sebesar 120,22 mm. Selanjutnya, dengan curah hujan tersebut, dihasilkan debit banjir dengan periode ulang 25 tahun yang tidak mampu dialirkan oleh Kali Lamong.
2. Berdasarkan hasil perhitungan keempat alternatif, dapat disimpulkan bahwa alternatif 4 adalah yang terbaik. Pada alternatif 4 KM 4,6 dibutuhkan penambahan tanggul setinggi 5 meter terhadap elevasi tepi sungai eksisting atau 6,76 meter dari dasar sungai. Dengan demikian elevasi puncak tanggul berada pada +3,04. Selain itu, normalisasi dasar sungai didesain selebar 20 meter pada KM 38 – KM 22,9; 25 meter pada KM 22,8-18,8; 30 meter pada KM 18,7-10,2; 35 meter pada KM 10,1-1,9; dan 40 meter pada KM 1,8-0. Adapun kondisi eksisting Kali Lamong yang memiliki 364 titik banjir menjadi bebas banjir dengan alternatif tersebut.
3. Dengan normalisasi dan penambahan tanggul setinggi 1 – 3 meter, debit banjir Kali Lamong belum dapat diatasi sepenuhnya. Namun, jika tanggul didesain secara khusus dengan ketinggian 4 – 5 meter maka banjir dapat diatasi sepenuhnya.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan, untuk mengatasi masalah banjir pada DAS Kali Lamong secara tuntas diperlukan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan normalisasi dan penambahan tanggul di Kali Lamong sebagai upaya pengendalian banjir.
2. Perlu dilakukan kajian khusus struktur tanggul dengan ketinggian lebih dari 3 meter yang aman dari longsor.
3. Perlu dilakukan operasi dan pemeliharaan bangunan keairan di sepanjang Kali Lamong.
4. Adanya studi berkelanjutan tentang kondisi eksisting dan perkembangan Kali Lamong di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.C.E., U. S. (2010). HEC-RAS River Analysis System. *User's Manual, Version 4.1*, 1–790. <https://doi.org/CPD-68>
- BPS Kabupaten Gresik. (2015). *Kabupaten Gresik Dalam Angka 2015*. Gresik: BPS Kabupaten Gresik.
- Dewandaru, G. G. T., & Lasminto, U. (2014). *Studi Penanggulangan Banjir Kali Lamong Terhadap Genangan Di Kabupaten Gresik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Karya, V. (2012). *Laporan Akhir Review DD Kali Lamong Tahun Anggaran 2012*. Semarang.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: ANDI.
- Kodoatie, R. J., & Sugiyanto. (2002). *Banjir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Timidzi, D. H. (2012). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dan Contoh Penerapannya dalam Pengembangan HSS ITB-1 dan HSS ITB-2, (January).
- Pratomo, D. A. P., & Nadzmi, H. F. (2015). *Normalisasi Kali Lamong sebagai Upaya Pengendalian Banjir di Gresik*. Surabaya.
- Soemarto, C. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: NOVA.
- Sosrodarsono, S., & Tominaga, M. (1984). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*.  
Yogyakarta: ANDI.

## BIODATA PENULIS

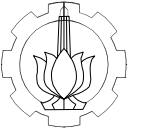
### **Dian Arief Pramudya Pratomo**



Penulis dilahirkan di Gorontalo, 7 November 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Yayasan Binong Permai, SMP Negeri 9 Kota Tangerang SMA Negeri 8 Kota Tangerang, dan D-III Teknik Sipil ITS dalam bidang keahlian Bangunan Air. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikannya sebagai mahasiswa Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 dan mengembangkan kemampuannya dalam bidang keahlian hidroteknik.

Selain pendidikan formal, penulis juga sempat aktif sebagai anggota organisasi mahasiswa di Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS serta Dewan Perwakilan Mahasiswa ITS. Berbagai pelatihan keterampilan manajemen juga pernah diikuti diantaranya Pra LKMM TD FTSP ITS, LKMM TD D-III Teknik Sipil ITS, dan LKMM TM FTSP ITS. Pada bulan Oktober 2016, penulis terpilih sebagai salah satu mahasiswa yang mewakili ITS dalam ajang *Indonesia – Netherlands Water Challenge 2016*. Dalam ajang tersebut, penulis bersama tim menghasilkan karya dengan judul *Application of Tawang Polder as Parti Sapphire of Kota Lama Heritage Area of Semarang*. Jika pembaca membutuhkan korespondensi terkait bahasan dalam tugas akhir ini dapat menghubungi penulis lewat email [dianpramudya41@gmail.com](mailto:dianpramudya41@gmail.com)

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALI LAMONG  
DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POLIGON THIESSSEN KALI LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MSc.  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

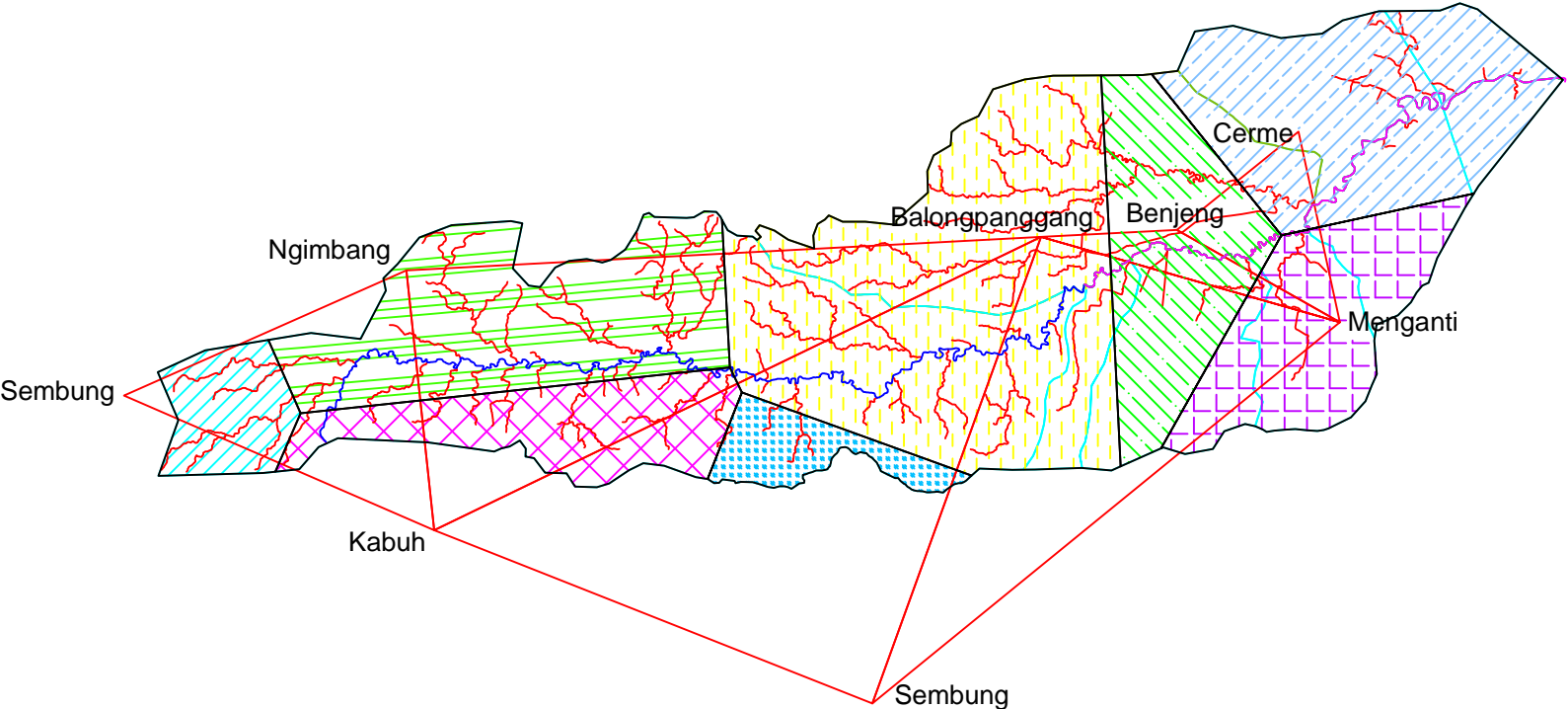
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
3115105003

NO

1

JUMLAH

1





**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**







### Lampiran 5 Hasil Hitungan HSS Nakayasu Sub-DAS C

| Waktu<br>(Jam) | Unit<br>Hidrograf<br>(m <sup>3</sup> /det) | Jam ke-          |       |       |       |       | Qtotal<br>(m <sup>3</sup> /det) |
|----------------|--|------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|
|                |  | 0 - 1            | 1 - 2 | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5 |                                 |
|                |  | Intensitas Hujan |       |       |       |       |                                 |
|                |  | 30.12            | 7.83  | 5.49  | 4.37  | 3.69  |                                 |
| Debit Banjir   |  |                  |       |       |       |       |                                 |
| 0              | 0.00                                       | 0.00             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                            |
| 1              | 5.45                                       | 164.20           | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 164.20                          |
| 2              | 5.24                                       | 157.91           | 42.68 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 200.59                          |
| 3              | 3.24                                       | 97.45            | 41.04 | 29.94 | 0.00  | 0.00  | 168.43                          |
| 4              | 2.11                                       | 63.54            | 25.33 | 28.79 | 23.83 | 0.00  | 141.49                          |
| 5              | 1.53                                       | 46.05            | 16.51 | 17.77 | 22.92 | 20.13 | 123.39                          |
| 6              | 1.11                                       | 33.38            | 11.97 | 11.58 | 14.15 | 19.36 | 90.44                           |
| 7              | 0.80                                       | 24.20            | 8.68  | 8.40  | 9.22  | 11.94 | 62.44                           |
| 8              | 0.61                                       | 18.41            | 6.29  | 6.09  | 6.68  | 7.79  | 45.26                           |
| 9              | 0.48                                       | 14.46            | 4.78  | 4.41  | 4.85  | 5.65  | 34.15                           |
| 10             | 0.38                                       | 11.36            | 3.76  | 3.36  | 3.51  | 4.09  | 26.08                           |
| 11             | 0.30                                       | 8.92             | 2.95  | 2.64  | 2.67  | 2.97  | 20.15                           |
| 12             | 0.23                                       | 7.01             | 2.32  | 2.07  | 2.10  | 2.26  | 15.76                           |
| 13             | 0.18                                       | 5.51             | 1.82  | 1.63  | 1.65  | 1.77  | 12.38                           |
| 14             | 0.14                                       | 4.33             | 1.43  | 1.28  | 1.30  | 1.39  | 9.72                            |
| 15             | 0.11                                       | 3.40             | 1.12  | 1.00  | 1.02  | 1.09  | 7.64                            |
| 16             | 0.09                                       | 2.67             | 0.88  | 0.79  | 0.80  | 0.86  | 6.00                            |
| 17             | 0.07                                       | 2.10             | 0.69  | 0.62  | 0.63  | 0.68  | 4.71                            |
| 18             | 0.05                                       | 1.65             | 0.55  | 0.49  | 0.49  | 0.53  | 3.70                            |
| 19             | 0.04                                       | 1.29             | 0.43  | 0.38  | 0.39  | 0.42  | 2.91                            |
| 20             | 0.03                                       | 1.02             | 0.34  | 0.30  | 0.30  | 0.33  | 2.29                            |
| 21             | 0.03                                       | 0.80             | 0.26  | 0.24  | 0.24  | 0.26  | 1.80                            |
| 22             | 0.02                                       | 0.63             | 0.21  | 0.19  | 0.19  | 0.20  | 1.41                            |
| 23             | 0.02                                       | 0.49             | 0.16  | 0.15  | 0.15  | 0.16  | 1.11                            |
| 24             | 0.01                                       | 0.39             | 0.13  | 0.11  | 0.12  | 0.12  | 0.87                            |
|                |  |                  |       |       |       | MAX   | 200.59                          |









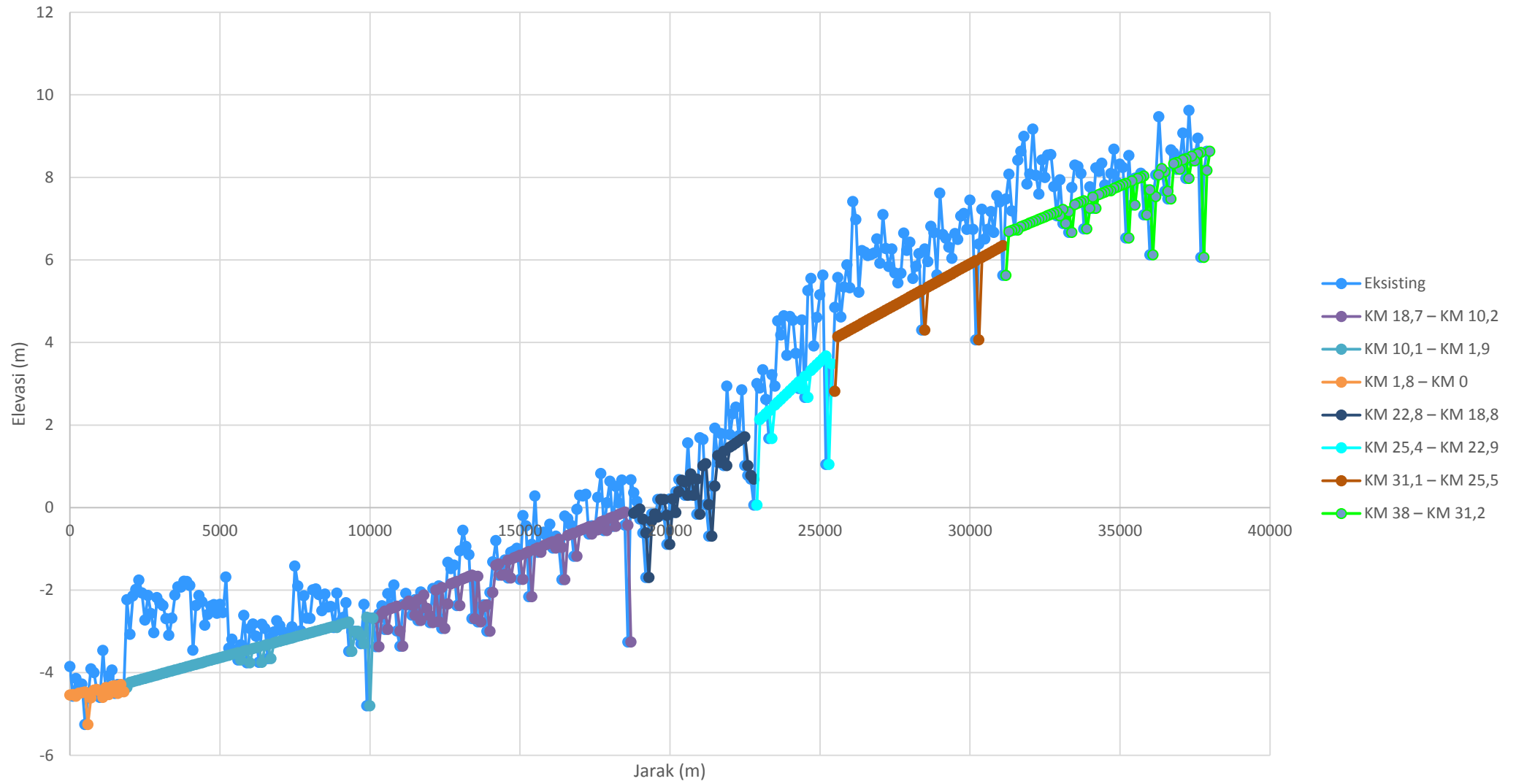




**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## Lampiran 11 Dasar Sungai Rencana terhadap Kondisi Eksisting

## Dasar Sungai Rencana terhadap Kondisi Eksisting





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 1 di KM 4,6 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

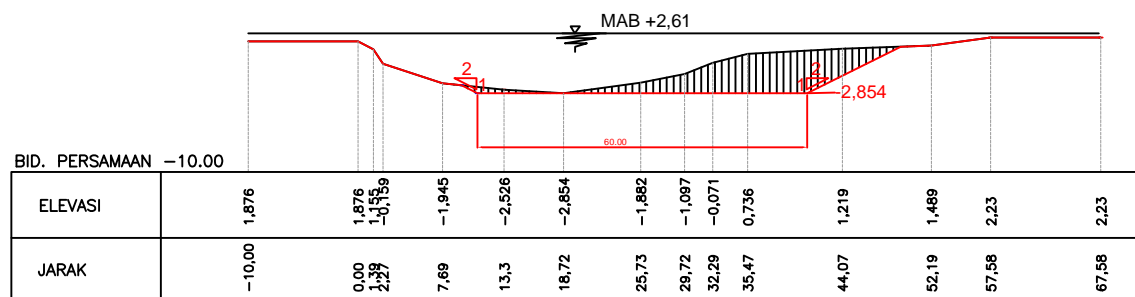
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

1

JUMLAH

14





---

## TUGAS AKHIR

# STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALAMONG DI KABUPATEN GRESIK

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 1 di KM 7,4 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

NAMA MAHASISWA

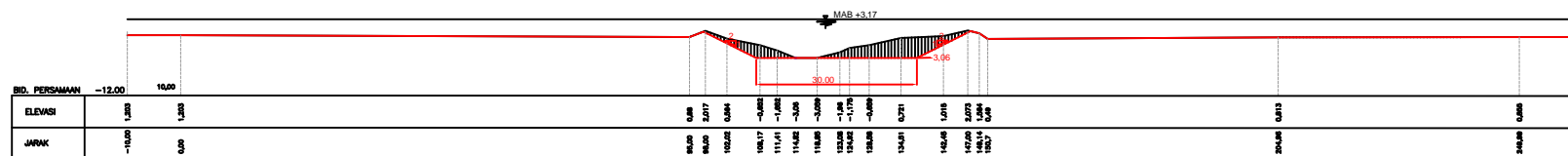
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

2

Jumlah

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 1 di KM 22 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

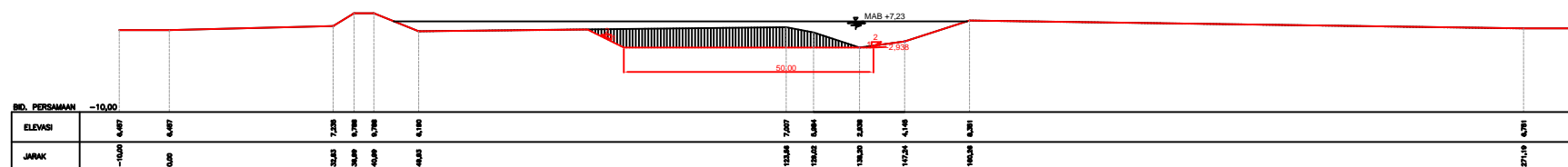
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

3

JUMLAH

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 1 di KM 35,8 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

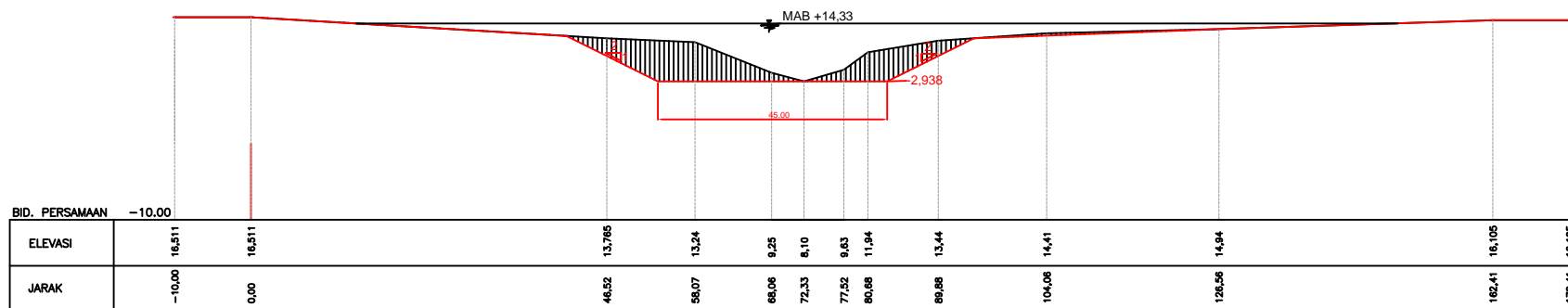
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

4

JUMLAH

14







---

## TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 2 di KM 4,6 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

NAMA MAHASISWA

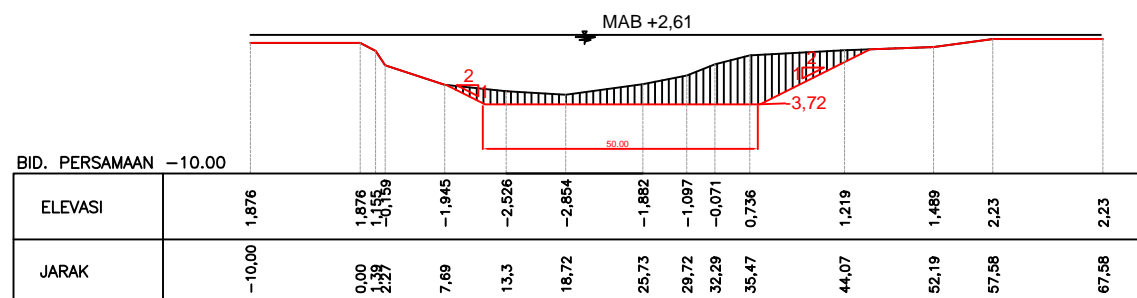
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

5

Jumlah

14





---

## TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 2 di KM 7,4 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

NAMA MAHASISWA

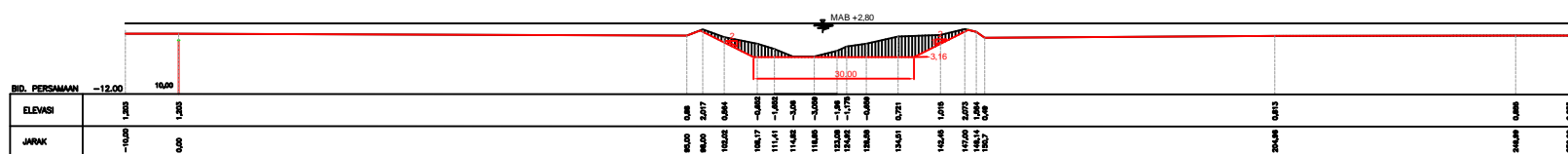
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

6

Jumlah

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 2 di KM 22 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

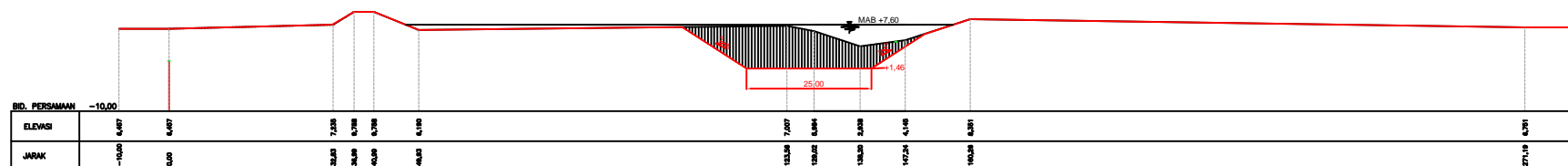
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

7

JUMLAH

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 2 di KM 35,8 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

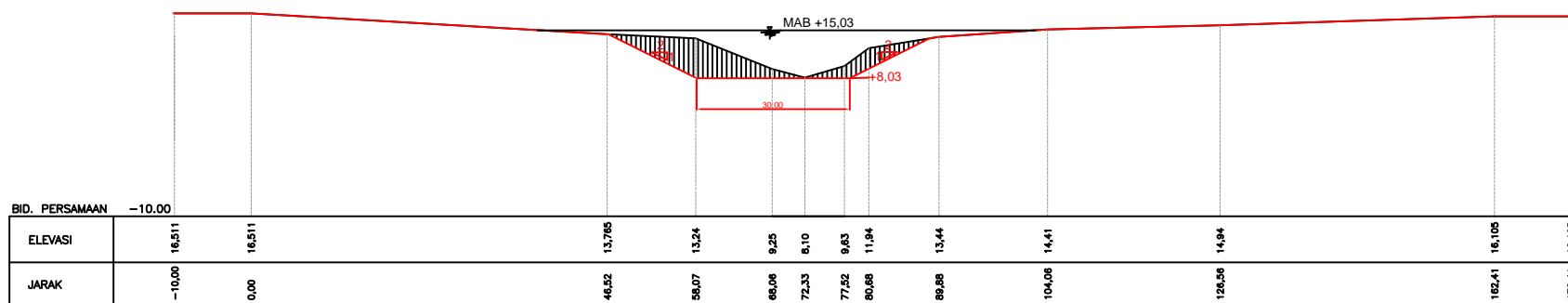
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

8

JUMLAH

14





## TUGAS AKHIR

## NAMA GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING

NAMA MAHASISWA

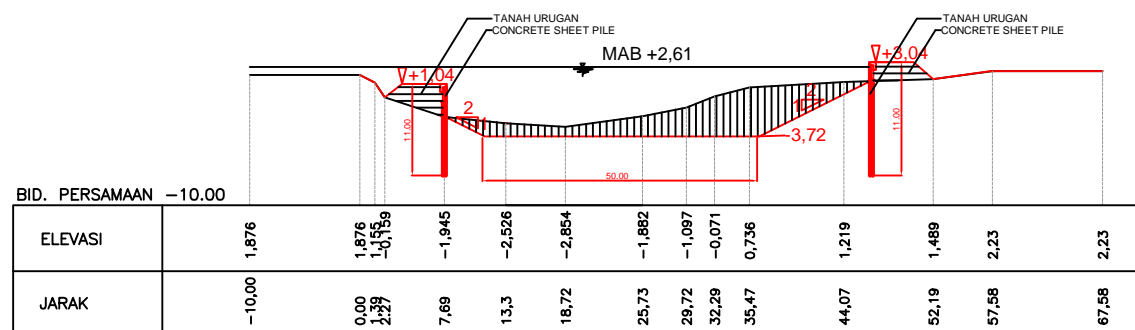
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

9

Jumlah

14





---

## TUGAS AKHIR

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 3 di KM 7,4 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasmino, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

NAMA MAHASISWA

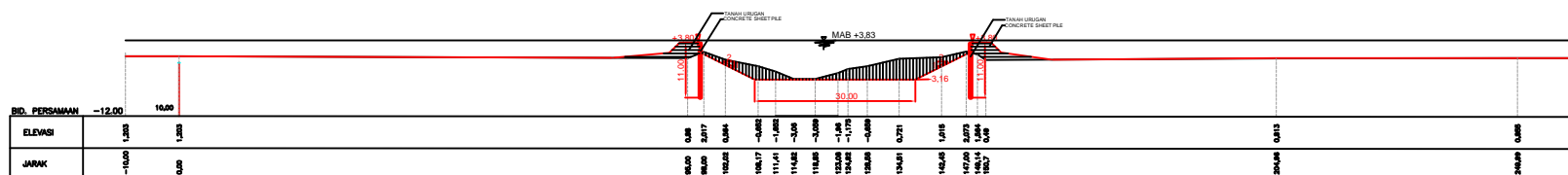
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

Jumlah

10

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KALAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 3 di KM 22 KALAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

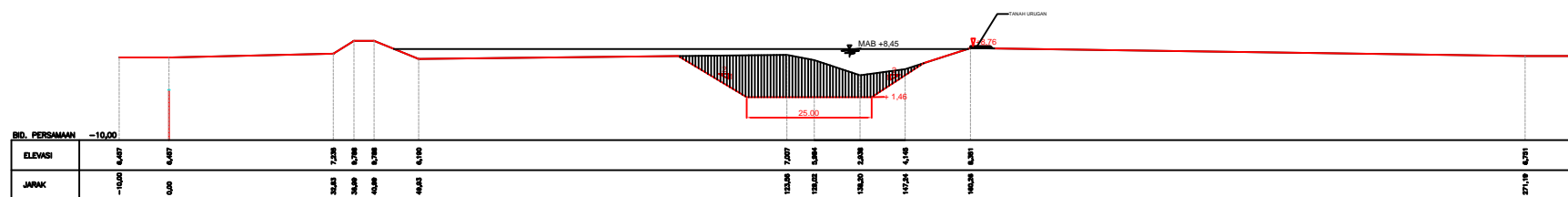
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

11

JUMLAH

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 3 di KM 35,8 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

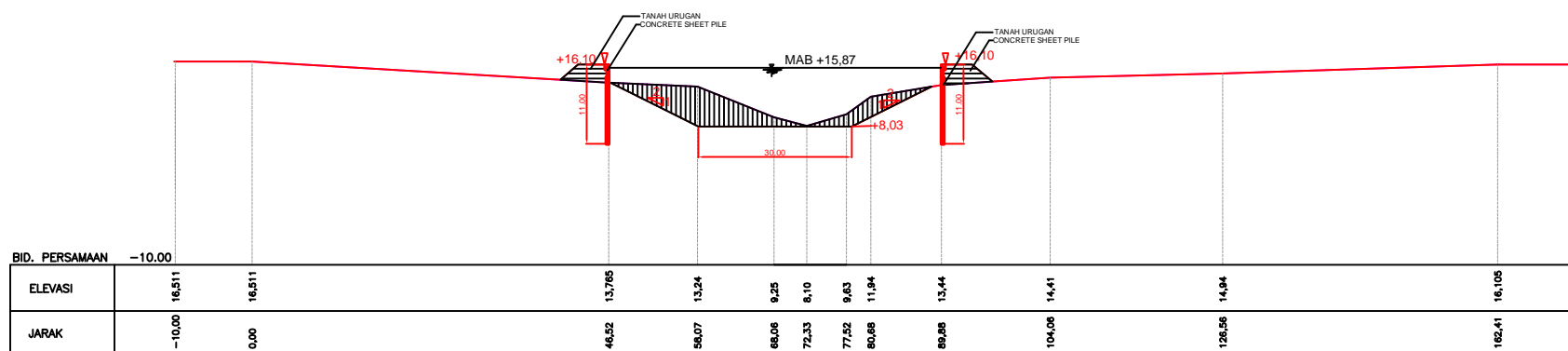
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

JUMLAH

12

14







S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 4 di KM 4,6 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

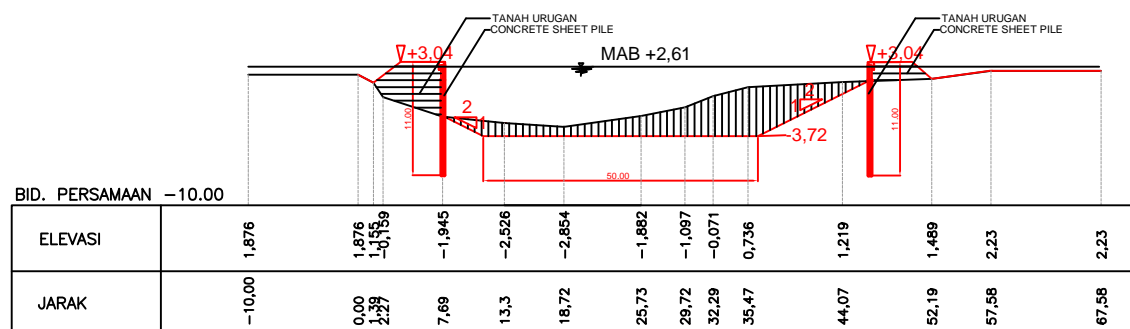
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

JUMLAH

13

14





S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## KETERANGAN

## TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KAI  
LAMONG DI KABUPATEN GRESIK

## NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
ALTERNATIF 4 di KM 7,4 KALI  
LAMONG

## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., MS  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

## NAMA MAHASISWA

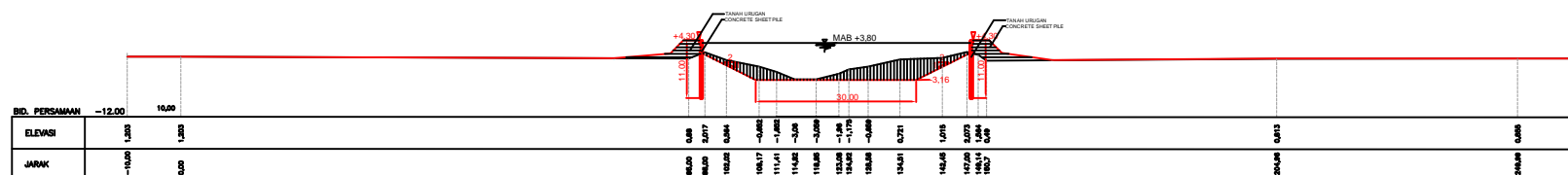
DIAN ARIEF PRAMUDYA  
(3115105003)

NO

14

JUMLAH

14





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



|                   |  |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING   | : Dr. techn. Umboro Lasmino, ST., M.Sc.<br>Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc |
| NAMA MAHASISWA    | : Dian Arief Pramudya Pratomo  |
| NRP               | : 3115105003   |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Studi Pengendalian Banjir Kali Lamong di Kabupaten Gresik            |
| TANGGAL PROPOSAL  | : Januari 2017   |
| NO. SP-MMTA       | : 011253/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2017                                   |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN   |   | PARAF ASISTEN |
|----|---------|--|---|---------------|
|    |         | REALISASI  | RENCANA MINGGU DEPAN  |               |
| 1  | 22/3    | BAB I  | Abstrak & hipotesis   | jo            |
| 2  | 17/4    | Buat Sub = DAS,<br>anak = Sungai,<br>Stasiun hujan di hulu   |   | jo            |
| 3  | 21/4    | Buat Model Itec<br>Kali Lamong<br>Hlm alasiit banjir<br>Kecamatan mang =<br>Sub DAS.   |   | jo            |
| 4  | 22/5    | - Koreksi Poligon Thiessen (?)<br>- Metode Subsurface Reservoir<br>untuk reduksi banjir<br>uloran tlg<br>- TA Gema hams ditulis di<br>Tupuan Pustaka<br>Abstrak belasan diperbaiki<br>- Koreksi Hidrograf Nakayama | → metode subsurface<br>diperbaiki pelaksanaan<br>& pemeliharaan<br>→ pelajari sed transport<br>di sungai → utk mengklas<br>volume sed terangkut<br>di reservoir<br>→ Abstrak<br>- Mandiri Bounding<br>hulu dan hilir<br>Model | jo            |



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>NAMA PEMBIMBING</b>   | : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc<br>Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc |
| <b>NAMA MAHASISWA</b>    | : Dian Arief Pramudya Pratomo   |
| <b>NRP</b>               | : 3115105003  |
| <b>JUDUL TUGAS AKHIR</b> | : Studi Pengendalian Banjir Kali Lamong di Kabupaten Gresik           |
| <b>TANGGAL PROPOSAL</b>  | : Januari 2017  |
| <b>NO. SP-MMTA</b>       | : 011253 / IT2.VI.4.1 / PP. 05.02.00/2017                             |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN   |  | PARAF ASISTEN |
|----|---------|--|--|---------------|
|    |         | REALISASI  | RENCANA MINGGU DEPAN   |               |
| 5  | 26/5    | - OK HSS Nakayasu sudah dikoreksi<br>- Boundary hulu dan hilir sudah di-modelkan | - Perbaiki LOB ROB   |               |
| 6  | 75/6    | - LOB dan ROB sudah direvisi<br>- Rating Curve STA 0 dan titik pantau AWLR       | - Perbaiki Level pada penampang<br>- Lengan penampang +2km   |               |
| 7  | 7/6     | - BAB I, II, III   | - Revisi BAB I : + Kondisi lapangan<br>- Revisi BAB II : Teori CS, CK, Kurva distribusi, Penentuan banjir<br>- Revisi BAB III : Penentuan kondisi banjir |               |
| 8  | 7/6     | Perbaiki Simulasi dgn Level  |  |               |
| 9  | 14/6    | Desain tanggul / normalisasi   |  |               |
| 10 | 20/6    | Revisi rencana normalisasi   |  |               |